UNIVERZITET U NOVOM SADU FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

Autori:
Dr Dejan Lukić
Dr Mitar Jocanović
Dr Mijodrag Milošević
Dr Velibor Karanović
MSc Jovan Vukman
MSc Stevica Koledin

PROGRAMSKO REŠENJE ZA UNAPREĐENJE TEHNIČKE PRIPREME PROIZVODNJE HIDRAULIČNIH CILINDARA

-DOKUMENTACIJA TEHNIČKOG REŠENJA-

Novi Sad, 2017

PODACI O TEHNIČKOM REŠENJU:

Vrsta tehničkog rešenja:	M85 – novo tehničko rešenje u fazi realizacije (testirano u ovlašćenoj instituciji, pogonu, proizvodnoj liniji ili laboratoriji, ili je testirano na određenom objektu)
Autori tehničkog rešenja:	Dr Dejan Lukić Dr Mitar Jocanović Dr Mijodrag Milošević Dr Velibor Karanović MSc Jovan Vukman MSc Stevica Koledin
Naziv tehničkog rešenja:	Programsko rešenje za unapređenje tehničke pripreme proizvodnje hidrauličnih cilindara
Ključne reči:	Tehnička priprema proizvodnje, Hidraulični cilindri, Projektovanje, Tehnološki procesi proizvodnje, Automatizacija, Programsko rešenje, Tehničko-tehnološka dokumentacija
Naručilac tehničkog rešenja:	AgroFerocoop d.o.o., (Proizvodnja mašina za poljoprivredu i šumarstvo), Novosadska 333, 21235 Temerin, http://www.agroferocoop.rs
Godina izrade tehničkog rešenja:	2017. god.
Godinu kada je počelo da se primenjuje tehničko rešenje:	2017. god.
Korisnik tehničkog rešenja:	AgroFerocoop d.o.o, Novosadska 333, 21235 Temerin
Oblast i naučna disciplina na koju se tehničko rešenje odnosi	Tehničko-tehnološke nauke, Mašinsko inženjerstvo Tehnička priprema proizvodnje
Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:	U cilju unapređenja tehničke pripreme proizvodnje u posmatranom preduzeću razvijeno je programsko rešenje čiji je osnovni zadatak automatizacija projektovanja hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove proizvodnje. Posmatrani hidraulični cilindri su namenjeni za ugradnju u proizvode iz sopstvenog proizvodnog programa i u druge proizvode prema zahtevu kupaca. Primenom ovog programskog rešenja višestruko se smanjuje vreme od narudžbe do proizvodnje i isporuke hidrauličnih cilindara.
Verifikacija rezultata:	Od strane recenzenata: 1. Dr Bogdan Nedić, redovni profesor Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac 2. Dr Darko Knežević, vanredni profesor, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka
Ko je prihvatio tehničko rešenje:	Nastavno-naučno veće Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad
Projekat u okviru koga je realizovano tehničko rešenje:	Tehničko rešenje je rezultat istraživanja u okviru projekta "Primena kolaborativnog inženjerstva u unapređenju procesa održive proizvodnje“ ev. broj projekta 142-451-3556/2016-01, koji je finansiran od strane Autonomne Pokrajine Vojvodine, i deo rezultata istraživanja u okviru projekta "Savremeni prilazi u razvoju specijalnih rešenja uležištenja u mašinstvu i medicinskoj protetici", ev. broj projekta TR 35025, koji finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

SADRŽAJ

1. OBLAST PRIMENE TEHNIČKOG REŠENJA 1

2. PREDMET I CILJ PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA 2

3. STANJE I TREND RAZVOJA U OBLASTI TEHNIČKE PRIPREME PROIZVODNJE 4

3.1 Mesto i uloga tehničke pripreme proizvodnje 4

3.2 Stanje u oblasti tehničke pripreme proizvodnje i osnovni pravci razvoja.....5

4. OPIS TEHNIČKOG REŠENJA – RAZVOJ I PRIMENA PROGRAMSKOG REŠENJA 8

4.1 Osnove konstrukcije i proračuna hidrauličnog cilindra 9

4.2 Model programskog rešenja 10

4.3 Opis primene programskog rešenja 11

5. PRIKAZ REZULTATA PRIMENE PROGRAMSKOG REŠENJA 15

5.1 Prikaz verifikacije na primeru tipa hidrauličnog cilindra HC-01 15

5.2 Prikaz verifikacije na primeru tipa hidrauličnog cilindra HC-02 26

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA 32

7. LITERATURA 33

1. OBLAST PRIMENE TEHNIČKOG REŠENJA

Dinamičnim razvojem savremene tržišno orijentisane proizvodnje postavljaju se visoki i složeni zahtevi pred proizvodne sisteme koji se najviše odnose na kvalitet, cenu, vreme, raznovrsnost proizvoda, dinamiku isporuke i dr., čime se značajno utiče na intenziviranje proizvodnje sa visokim tehnoekonomskim efektima. U uslovima velikoserijske i masovne proizvodnje, zahvaljujući automatizaciji, proizvodnost je u prošlosti dostigla relativno visok nivo. Međutim, u ukupnoj strukturi industrije prerade metala dominiraju pojedinačna i maloserijska proizvodnja, čije se učešće sve više povećava usled težnje potrošačkog društva za sve većim brojem različitih prilagođenih proizvoda. Zbog toga se nameće potreba za savremenim proizvodnim sistema sa efektima automatizovane velikoserijske i masovne proizvodnje u pogledu proizvodnosti i ekonomičnosti i efektima pojedinačne i maloserijske proizvodnje u pogledu fleksibilnosti i mobilnosti. Takvi savremeni proizvodni sistemi se baziraju na racionalizaciji i automatizaciji aktivnosti u okviru razvoja i proizvodnje proizvoda, primeni savremenih fleksibilnih obradnih i tehnoloških sistema, kao i računarskoj podršci u svim aktivnostima sistema.

Veliku ulogu u funkcionisanju proizvodnog sistema ima priprema proizvodnje, koja se sastoji od tehničke i operativne pripreme. Tehnička priprema proizvodnje obuhvata dve najvažnije tehničke funkcije proizvodnih sistema. Prva se odnosi na projektovanje proizvoda, poznata pod nazivom konstrukciona priprema, a druga na projektovanje tehnoloških procesa proizvodnje proizvoda, poznata pod nazivom tehnološka priprema. Operativna priprema obuhvata druge dve funkcije koje se odnose na planiranje i upravljanje proizvodnjom.

Funkcija konstrukcione pripreme rešava sve zadatke proračuna i projektovanja, odnosno izrade konstrukcione dokumentacije proizvoda, specijalnih mašina i uređaja. Funkcija tehnološke pripreme rešava sve zadatke vezane za projektovanje najpovoljnijih tehnoloških rešenja izrade i montaže proizvoda, odnosno definisanje sadržaja tehnološkog procesa i operacija proizvodnje proizvoda, preciziranje i izbor obradnih sistema, izbor ili projektovanje pribora, sistema alata i mernih sistema, definisanje parametara obrade, određivanje normativa, izradu upravljačkih programa, itd.

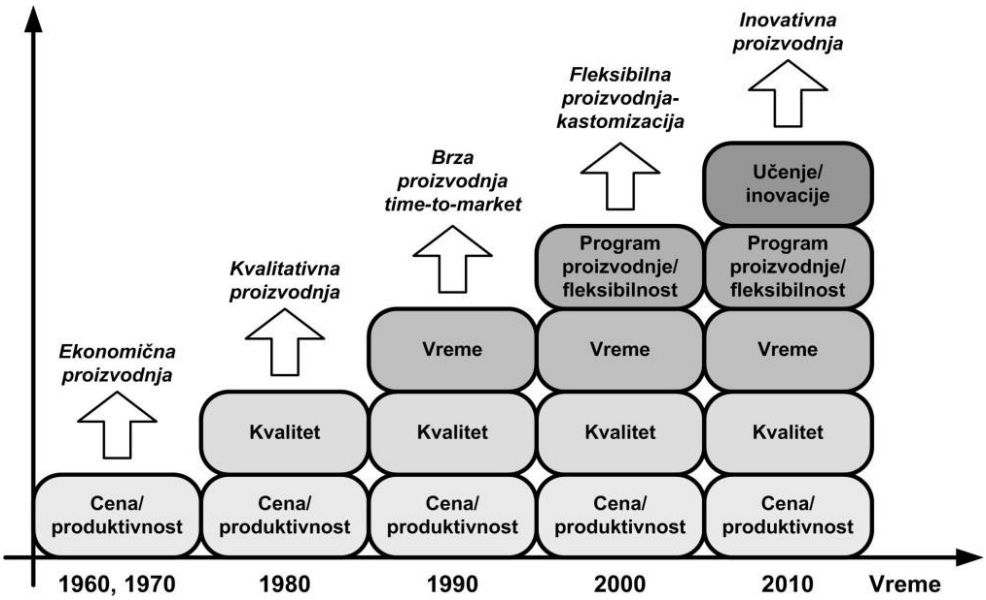
Hidraulični cilindar je izvršna komponenta u hidraulici, koji energiju hidrauličkog fluida pretvara u koristan rad. Ulazna veličina hidrocilindra je hidraulični fluid, koji pod pritiskom deluje na površinu klipa hidrauličnog cilindra, a kao rezultat se dobija pravolinijsko kretanje klipa i klipnjače. Tako se energija hidrauličnog fluida pretvara u upravljivu silu koja vrši odgovarajuću izvršnu funkciju, kao što je npr. podizanje tereta. Hidraulični cilindri iz proizvodnog programa posmatranog preduzeća se najviše primenjuju kod poljoprivrednih mašina (tanjirače, setvospremači, utovarivači, valjci, podrivači, itd.), građevinskih mašina, ali i kod drugih mašina i uređaja (prese, sonde za merenje kvaliteta zemljišta, itd.).

Shodno prethodno iznetim konstatacijama, posmatrano tehničko rešenje pripada oblasti mašinskog inženjerstva, odnosno oblastima tehničke pripreme proizvodnje hidrauličnih cilindara (konstrukciono i proizvodno mašinstvo) koji se primenjuju u poljoprivrednoj i građevinskoj mehanizaciji, ali i u raznim drugim mašinama prema zahtevu kupaca.

2. PREDMET I CILJ PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Proizvodni sistem će dobro poslovati, ostvariti rast i razvoj samo ako zadovolji uslove tržišta, odnosno ako proizvodi upotrebljiv, ekonomičan, kvalitetno dizajniran, ekološki podoban, konkurentan i za tržište prihvatljiv proizvod [1].

Međusobno suprotstavljeni zahtevi nikada nisu bili izraženiji, jer tim koji razvija proizvod mora u što kraćem vremenu da projektuje i izradi proizvod koji ima niske troškove, a pri tome da ima zadovoljavajuću tačnost, kvalitet i druge atribute koji su maksimalno prilagođeni promenljivim zahtevima i potrebama kupaca [2]. Česte promene uslova poslovanja na globalnom svetskom tržištu proizvoda uslovile su prilagođavanje proizvodne strategije u vremenu, slika 1.



Slika 2.1. Promenljivost proizvodne strategije u vremenu [3]

Tokom šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog veka uspešnu proizvodnju je karakterisala niska cena proizvoda, odnosno troškovi proizvodnje i veliki broj proizvedenih delova. Osnovna proizvodna strategija je bila usmerena na proizvodnju što jeftinijeg proizvoda u što većim količinama, a kvalitet se posmatrao kao nešto što košta, ekstra trošak, koji su kupci plaćali. Međutim, početkom osamdesetih godina pod uticajem japanskih poslovnih sistema kvalitet postaje osnova proizvodne strategije uz osetno smanjenje veličina serija proizvoda [4]. Devedesetih godina prošlog veka, pored troškova i kvaliteta pojavljuje se faktor koji postaje kritičan za uspeh u proizvodnji malih serija proizvoda, koji se odnosi na vreme pojave proizvoda na tržištu "time-to-market" [5]. Uočeno je da proizvodni sistemi koji kasne sa plasmanom proizvoda na tržište i njihovom pravovremenom zamenom novim ili revitalizovanim proizvodima doživljavaju neuspeh u poslovanju. Nakon toga se pojavljuje strategija koja se odnosi na prilagođavanje proizvoda zahtevima svakog pojedinačnog kupca, pod nazivom "kastomizacija" [6].

Konkurencija na globalnom tržištu se stalno povećava i zahteva znanje, stalnu edukaciju, kao i primenu inovacija u iznalaženju novih ili unapređenju postojećih proizvodnih rešenja koja mogu da zadovolje potrebe i očekivanja kupaca. Proizvodni sistemi koji nisu spremni da se prilagode promenama neće biti u stanju da opstanu na tržištu [3].

Ovakvi zahtevi nameću potrebu za proizvodnim sistemima koji poseduju visok stepen automatizacije svih aktivnosti kako u razvoju proizvoda, tako i u čitavom životnom ciklusu proizvoda. Kao rezultat ovakvih zahteva javlja se potreba za stalno unapređenje i uvođenje novih tehnologija u

procese projektovanja i proizvodnje, a posebno tehnologija koje se baziraju na tzv. fleksibilnoj automatizaciji i inovativnoj proizvodnji [7].

U okviru proizvodnih sistema dominantnu ulogu u ispunjavanju zahteva tržišta za novim i prilagođenim proizvodima ima tehnička priprema proizvodnje, kao funkcija proizvodnog sistema, koja predstavlja osnovnu integracionu komponentu [8]. Tehnička priprema proizvodnje obuhvata dve najvažnije tehničke funkcije proizvodnih sistema, prva se odnosi na projektovanje proizvoda, poznata pod nazivom konstrukciona priprema, a druga na projektovanje tehnoloških procesa proizvodnje, poznata pod nazivom tehnološka priprema [8, 9, 10]. Funkcija projektovanja proizvoda rešava sve zadatke proračuna i projektovanja, odnosno izrade konstrukcione dokumentacije proizvoda, specijalnih mašina i uređaja. Funkcija tehnološke pripreme rešava sve zadatke vezane za izbor najpovoljnijih tehnoloških rešenja izrade i montaže proizvoda, odnosno preciziranje sadržaja tehnološkog procesa i operacija proizvodnje proizvoda, preciziranje i izbor obradnih sistema, izbor ili projektovanje pribora, alata i mernih sistema, definisanje parametara obrade, određivanje normativa, izradu upravljačkih programa, itd [11, 12].

U okviru proizvodnog programa posmatranog preduzeća značajno mesto zauzima proizvodnja i remont hidrauličnih cilindara prema zahtevima kupaca za ugradnju u njihove proizvoda, kao i za ugradnju u proizvode iz sopstvenog proizvodnog programa. Projektovanje hidrauličnih cilindara je veoma složena i široka oblast, odnosno postoji veliki broj različitih vrsta kako u konstrukcijskom smislu, tako i u načinu i uslovima primene. U okviru proizvodnog programa posmatranog preduzeća trenutno se proizvode dve vrste hidrauličnih cilindara, prva vrsta oznake HC-01 koja se najviše koristi kod poljoprivrednih i građevinskih mašina i druga oznake HC-02 koja se koristi kod mašina alatki i drugih mašina i uređaja.

Osnovni cilj posmatranog tehničkog rešenja se odnosi unapređenje tehničke pripreme proizvodnje navedene dve vrste hidrauličnih cilindara koje se proizvode u posmatranom preduzeću.

Poseban problem prilikom proizvodnje hidrauličnih cilindara predstavlja vreme i kvalitet projektovanja i izrade tehničko-tehnološke dokumentacije, što je i iniciralo ideju razvoja odgovarajućeg programskog rešenja za unapređenje aktivnosti tehničke pripreme proizvodnje. Postavljen je cilj da se na kvalitetan i efikasan način dobije tehnička dokumentacija, odnosno 3D modeli i 2D crteži sklopa hidrauličnog cilindra i sastavnih komponenti, kao i odgovarajuća tehnološka dokumentacija za proizvodnju u obliku sadržaja tehnoloških procesa izrade i montaže, odnosno karti operacija izrade i montaže. Na ovaj način se želi skratiti vreme potrebno za konstrukciono-tehnološku pripremu proizvodnje, odnosno vreme od narudžbe do isporuke hidrauličnih cilindara kupcu, a samim i troškovi njihovog razvoja i proizvodnje.

3. STANJE I TREND RAZVOJA U OBLASTI TEHNIČKE PRIPREME PROIZVODNJE

3.1. Mesto i uloga tehničke pripreme prozivodnje

Razvoj proizvoda obuhvata vremenski period od ideje o proizvodu pa do generisanja svih potrebnih i proverenih informacija za izradu, montažu, kontrolu, pakovanje, skladištenje, transport, stavljanje u promet, instalisanje, upotrebu, održavanje, servisiranje, povlačenje i reciklažu proizvoda [13]. U okviru razvoja proizvoda vitalno mesto ima tehnička priprema proizvodnje, odnosno konstrukciona i tehnološka priprema, koje imaju presudnu ulogu na troškove, vreme i kvalitet razvoja proizvoda, odnosno njegove proizvodnje [14].

U okviru konstrukcione pripreme osnovni zadatak je projektovati dovoljno kvalitetan i za tržište prihvatljiv proizvod. U okviru projektovanja proizvoda moraju se obezbediti rešenja koja proizvodi treba da poseduju u primeni, odnosno u eksploataciji, a koja se odnose na tehničke uslove (tačnost, funkcionalnost, vek, pouzdanost, pogodnost održavanja, sigurnost u radu i dr.), ekonomske uslove (troškovi proizvodnje, proizvodnost, racionalna prodajna cena), kao i mnoge druge uslove, kao što su estetski izgled, i dr. [14]

U procesu razrade i oblikovanja konstrukcije proizvoda, odnosno konstruisanja sklopova i delova, potrebno je primeniti principe minimum/maksimuma [15]:

- *Da je konstrukcija proizvoda, komponenata i delova minimalne složenosti sa stanovništva tehnologije izrade, montaže, kontrole, transporta, skladištenja i pakovanja,*
- *Da se maksimalno koriste unificirani kvalitet i dimenzije polaznih materijala, da se proizvodi sastoje iz minimuma delova i komponenata, posebno novih delova i komponenata,*
- *Da se maksimalno koriste standarizovani, tipizirani i ponovljeni delovi, odnosno varijantni delovi, ali uz zadovoljavanje prethodna tri zahvata i*
- *Da se koristi samo neophodni kvalitet obrade na postojećoj proizvodnoj opremi.*

Ove zahteve je gotovo nemoguće zadovoljiti, ako se u preduzeću sistemski ne sprovode osnovni oblici standardizacije, kao elementi kvantitativne tehnologičnosti, koju čine: *tipizacija, unifikacija, modularnost, simplifikacija i specijalizacija* [16].

Po opsegu sadržaja i trajanja aktivnosti u pripremi proizvodnje, tehnološka priprema učestvuje u velikom procentu, što zavisi od vrste i tipa proizvodnje. Pojavom savremenih obradnih i tehnoloških sistema sa numeričkim upravljanjem podignut je nivo složenosti rada tehnološke pripreme u uslovima pojedinačne i maloserijske proizvodnje [7]. Projektovanje i realizacija tehnoloških procesa na savremenim obradnim i tehnološkim sistemima koje karakteriše visoki stepen automatizacije, fleksibilnosti i mobilnosti u velikoj meri zavisi od kvaliteta rada tehnološke pripreme. Osnovni zadaci koji se rešavaju u okviru tehnološke pripreme proizvodnje su [17]:

- *Analiza tehnologičnosti konstrukcije proizvoda,*
- *Projektovanje tehnoloških procesa izrade i montaže,*
- *Definisanje normativa materijala, opreme, vremena, itd.*
- *Konstruisanje specijalnih alata, pribora i drugih uređaja,*
- *Generisanje upravljačkih informacija za obradu, montažu i merenje,*
- *Tehnoekonomska optimizacija i određivanje vremena i troškova proizvodnje,*
- *Simulacija tehnoloških procesa i projektovanje proizvodnih pogona.*

U okviru projektovanja tehnoloških procesa rešavaju se mnogi zadaci, kao što su izbor ili projektovanje pripremaka, prepoznavanje i izdvajanje tipskih tehnoloških oblika (feature), definisanje zahvata i njihovo grupisanje u operacije obrade, izbor obradnih i tehnoloških sistema, definisanje operacija izrade i redosleda njihovog izvođenja, određivanje dodataka za obradu i odgovarajućih tolerancija zahvata, izbor tehnoloških baza i odgovarajućih pribora, izbor sistema alata, izbor metoda

merenja i odgovarajućih merila, izbor parametara i strategije rada, i mnogi drugi. Osnovni ulazni podaci za projektovanje tehnoloških procesa su crtež proizvoda, podaci o obimu proizvodnje u određenom vremenskom periodu, podaci o raspoloživim proizvodnim resursima, odnosno obradnim i tehnološkim sistemima, alatima, priborima, merilima, pripremcima, itd., kao i drugi tehnički zahtevi. Rezultat projektovanja tehnoloških procesa čini tehnološka dokumentacija koja može da obuhvata sadržaj tehnološkog procesa, karte operacija, dok se za slučaj obrade na NC AFTS ova dokumentacija dopunjuje upravljačkim programima i drugom tehnološkom dokumentacijom, slika 3.1. Oblik i stepen preciziranja tehnološke dokumentacije zavisi od tipa proizvodnje, sistema projektovanja tehnoloških procesa i vrste obradnih i tehnoloških sistema koji se primenjuju [8, 10, 11].

Slika 3.1. *Ulazni podaci i izlazni rezultati projektovanja tehnoloških procesa* [11, 18]

U cilju kvalitetnog rada tehnološke pripreme proizvodnje, neophodno je da projektant – tehnolog poseduje određene kvalitete [19]:

- *Sposobnost analize tehnologičnosti proizvoda,*
- *Znanje o zavisnosti tačnosti i kvaliteta obrađenih površina proizvoda,*
- *Znanje o različitim procesima proizvodnje,*
- *Znanje o materijalima, pripremcima, mašinama, alatima, priborima i drugim proizvodnim resursima,*
- *Znanje za određivanje operacija, zahvata, dodataka za obradu, parametara obrade,*
- *Znanje za određivanje vremena i troškova proizvodnje,*
- *Znanja iz informacionih tehnologija, kao što je npr. poznavanje rada u odgovarajućim CAx sistemima, rada sa bazama podataka, itd.*

3.2. Stanje u oblasti tehničke pripreme proizvodnje i osnovni pravci razvoja

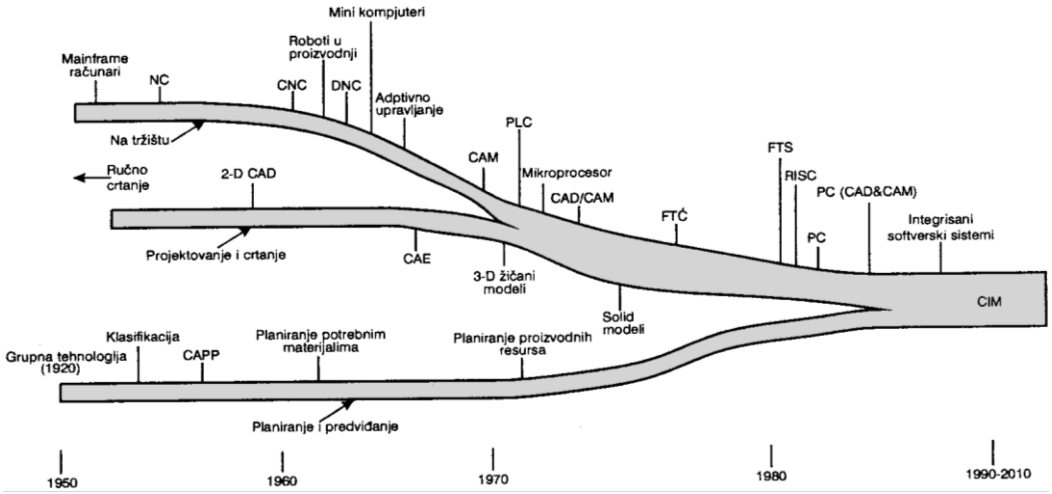
Savremeno tržište postavlja veoma stroge kriterijume u pogledu odnosa kvaliteta i cene proizvoda, a prisutni su i stalni zahtevi da vreme od ideje o proizvodu do njegove realizacije bude što kraće. Pored toga, sve više se proizvode male serije raznovrsnih i novih proizvoda, što zahteva visoku fleksibilnost proizvodnih sistema i celokupnog procesa proizvodnje [20].

Ovakvi zahtevi nameću potrebu za proizvodnim sistemima koji poseduju visok stepen automatizacije svih aktivnosti u okviru pripreme i realizacije proizvodnog procesa, počevši od projektovanja pa do finalnog proizvoda. Kao rezultat ovakvih zahteva javlja se stalno uvođenje novih tehnologija u procese projektovanja i proizvodnje, a posebno tehnologija koje se baziraju na tzv. fleksibilnoj automatizaciji. Visoke tehnologije uključuju napredak u mikroelektronici i računarskim tehnologijama, nove obradne i merne sisteme, robote, itd. Automatizacija postupaka projektovanja proizvoda uspešno se rešava primenom razvijenih CAx programskih sistema, a uvođenjem NC i CNC obradnih sistema različitih namena u proizvodnju znatno se povećava njena produktivnost i fleksibilnost. Da bi se uspešno povezali sistemi automatizovanog projektovanja proizvoda, odnosno CAD sistemi i sistemi automatizovane proizvodnje, odnosno CAM sistemi, potrebna je automatizacija projektovanja tehnološkog procesa izrade, dakle CAPP sistemi, koji predstavljaju most između CAD sistema i savremenih obradnih sistema. Aktivnom primenom računara u ovoj oblasti ostvaren je značajan napredak, tako da je razvijen veći broj CAPP sistema za automatizaciju projektovanja tehnoloških procesa. Težnja ovakvih sistema, u velikom broju slučajeva, je da se, na neki način, modelira logika rada tehnologa i pomoću odgovarajućeg CAPP sistema izvrši simulacija njegovog rada. [21, 22, 23].

U ranijim fazama razvoja CAPP sistemi su bili zasnovani na klasičnoj algoritamskoj strukturi, što je uzrokovalo smanjenje njihove fleksibilnosti. Noviji pristupi su zasnovani na nealgoritamskom programiranju i metodama veštačke inteligencije, čime je otvoren put brzom unapređenju automatizacije projektovanja i proizvodnje u celini. U poslednjih nekoliko godina značajni napori su uloženi i na polju

integracije različitih CAx sistema u cilju efikasnog i optimalnog iskorišćenja intelektualnih i materijalnih inženjerskih resursa. Pri tome se veliki značaj daje timskom radu i saradnji podržanim računarom i standardizovanom integrisanom modelu procesa projektovanja i proizvodnje koji je dostupan svim učesnicima procesa. Standardizaciju u području projektovanja i proizvodnje karakteriše integracija svih aktivnosti vezanih za koncepciju razvoja, proizvodnju, eksploataciju i, konačno, završetak životnog veka proizvoda. [24, 25, 26]

Na slici 3.2 dat je prikaz značajnijih koraka u razvoju CAx tehnologija, gde se vidi da CAx sistemi novije generacije teže potpunoj integraciji u okviru CIM sistema.



Slika 3.2. *Značajniji koraci u razvoju CAx tehnologija i CIM sistema* [27]

Da bi se na maksimalan način iskoristila prednost koju CIM koncept i CIM sistemi donose, potrebno je realizovati više različitih strategija, tehnika i pristupa na različitim nivoima u preduzeću. Kao što je već napomenuto, CIM sistemi se razvijaju i prožimaju sa savremenim proizvodnim konceptima, odnosno strategijama, koje se mogu svrstati u tri kategorije [11, 28]:

- *Proizvodne strategije* (Lean-proizvodnja, Proizvodnja upravo na vreme, Konkurentno inženjerstvo, Ćelijska proizvodnja, Agilna proizvodnja, Holonska proizvodnja, Distribuirana proizvodnja, Kolaborativna proizvodnja, Digitalna proizvodnja, e-Proizvodnja, itd.)
- *Softverske aplikacije* (CAD, CAPP, CAM, CAQ, MRPI, MRPII, ERP, MES, APS, SCE, CRM, AOM, WMS, TMS, itd.)
- *Organizacioni oblici* (Smart organizacije, Dinamička preduzeća, Proširena preduzeća, Virtuelna mreža preduzeća, Inteligentna preduzeća, Integrisana preduzeća, Agilna preduzeća, Lean preduzeća, Centri efikasnosti, Procesno vođene organizacije, Kompleksni proizvodni sistemi, Digitalne fabrike, e-preduzeća, itd.)

Konkurentno inženjerstvo je doprinelo bržem i kvalitetnijem razvoju proizvoda i postizanju koncepta proizvodnje "time to market" [5]. Koncept JIT je doneo revolucionarnu promenu u nabavci i prodaji, logistici i celokupnom lancu snabdevanja, da bi se zatim proširio na proizvodnju u celini. Agilna proizvodnja je redefinisala način proizvodnje i u mnogome je unapredila. Holonska proizvodnja je dovela do povećanje primene inteligentne proizvodnje, dok je ćelijska proizvodnja uticala na njenu fleksibilnost. Primenom digitalne, distribuirane, kolaborativne i elektronske proizvodnje svetsko tržište sve više postaje globalno, ujedinjuje kupce, prodavce, proizvođače i druge činioce proizvodnog okruženja. Upravo prožimanjem i integracijom posmatranih koncepta i strategija kao i tehnika razvoja CIM sistema, omogućuje se dobijanje pozitivnih efekata u samoj proizvodnji i ostvarivanje prednosti za proizvodne sisteme koji ih budu implementirali i primenili [11].

Od samih početaka primene računara za izvođenje i integraciju različitih faza u procesu nastanka proizvoda javili su se određeni problemi od kojih su najizraženiji [29]:

- *Neusklađenost između životnog ciklusa softverskog sistema i informacija o proizvodu,*
- *Razmena informacija između različitih CAx modula (CAD, CAM, CAPP, CAE, itd.)*
- *Razmena podataka između različitih proizvodno-poslovnih jedinica kao nosioca komplementarnog inženjerskog znanja, koji svoje poslove mogu obavljati na različitim softverskim sistemima.*

Za razvoj i primenu integrisanih CAPP sistema posebno je značajna mogućnost korišćenja i razmene podataka između CAD/CAPP sistema, razvojem zajedničke baze podataka [30]. Najveći broj savremenih CAD/CAM sistema podržava samo geometrijske informacije u NC programima, dok se tehnološki podaci, koji se odnose na plan stezanja, broj podoperacija, zahvate, pribore, alate i režime obrade, unose ručno ili automatizovano primenom posebnih programskih rešenja. Kod obrade složenih proizvoda, koji zahtevaju obradu na više obradnih sistema, dakle na više operacija, primena samo CAD/CAM sistema nije komforna, već zahteva integraciju sa CAPP sistemima [31].

CAPP sistemi imaju jednu od ključnih uloga u okviru CIM integracije i predstavljaju most između CAD sistema namenjenih projektovanju proizvoda i CAM sistema, odnosno obrade zasnovane na NC tehnologiji i primeni robota. Ipak, područje CAPP sistema još uvek nije tako razvijeno kao područje CAD i CAM sistema, odnosno CAD/CAM sistema. Jedna od ključnih prepreka integraciji CAD/CAPP sistema je činjenica je da se tehnološko značenje geometrijskog objekta gubi prilikom modeliranje u nekom CAD sistemu. Idealno rešenje bi bila izgradnja odgovarajućeg inteligentnog interfejsa između CAD i CAPP sistema. Prepreka u razvoju ovog interfejsa je bila tehnologija predstavljanja CAD modela. U tom cilju proizvođači CAD sistema, pored sistema zasnovanih na geometrijskom modeliranju, razvijaju i sisteme za projektovanje na bazi tipskih oblika, odnosno *feature-based* CAD sisteme [32, 33].

U razvoju CAPP sistema i njihovoj integraciji sa drugim funkcijama i aktivnostima proizvodnog sistema i globalnog poslovnog okruženja primenjuju se brojne metode i tehnike, koje se mogu koristiti zasebno ili integralno. Na osnovu analize literaturnih informacija, kao što su [8-12, 22-26, 28-41] i dr., izdvojen je set osnovnih metoda i tehnika koje se koriste za razvoj CAPP sistema:

- *Metode zasnovane na tipskim oblicima (feature tehnologije),*
- *Baze podataka i baze znanja,*
- *Ekspertni sistemi,*
- *Neuronske mreže,*
- *Genetski algoritmi,*
- *Fuzzy teorija i fuzzy logika,*
- *Agent-bazirane metode,*
- *Internet-bazirane metode,*
- *Metode bazirane na primeni STEP-a, i dr.*

Baza podataka predstavljaju jednu od osnovnih komponenti u CAD/CAPP/CAM integraciji, a kvalitet modela baza podataka ima veliki značaj u efikasnosti svih funkcija integrisanog sistema. U praksi se koriste brojni modeli baza podataka, počev od struktura nad skupovima datoteka do najsavremenijih objektno orjentisanih baza podataka. Na današnjem stepenu razvoja integrisanih CAPP sistema, intenzivno se radi na tome da se pripadajuće baze podataka razvijaju na osnovama relacionog i objektno-orjentisanog modela podataka, što otvara široke mogućnosti interne i eksterne integracije sistema.

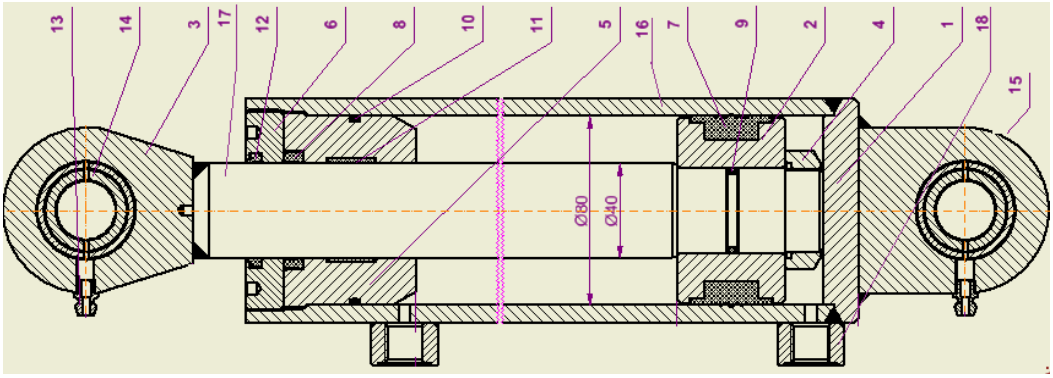
Imajući u vidu mogućnost primene baza podataka i baza znanja, kao i raspoloživih CAx programskih sistema opšte namene razvijeno je i verifikovano programsko rešenje (SAP_HC), koje omogućuje automatizovano projektovanje hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove proizvodnje za proizvodne uslove posmatranog proizvodnog sistema.

4. OPIS TEHNIČKOG REŠENJA – RAZVOJ I PRIMENA PROGRAMSKOG REŠENJA

4.1 Osnove konstrukcije i proračuna hidrauličnog cilindra

Hidraulični cilindar je izvršna komponenta u hidraulici, koji energiju hidrauličkog fluida pretvara u koristan rad. Ulazna veličina hidrocilindra je hidraulični fluid, koji pod pritiskom deluje na površinu klipa hidrauličnog cilindra. Kao rezultat se dobija pravolinijsko kretanje klipa i klipnjače, koja je povezana sa teretom. Tako se energija hidrauličnog fluida pretvara u upravljivu silu koja deluje po pravoj liniji. Najčešće se kao hidraulični fluid koristi mineralno ulje, ali se u hidraulici koriste i sintetička ulja i emulzije, a sve više i voda [42-48].

Postoji veliki broj različitih tipova hidrauličnih cilindara, dok se u posmatranom preduzeću trenutno proizvode dva tipa HC-01 i HC-02, kao što je ranije već navedeno. Na slici 4.1 su prikazane komponente klasičnog hidrauličnog cilindra tipa HC-01.



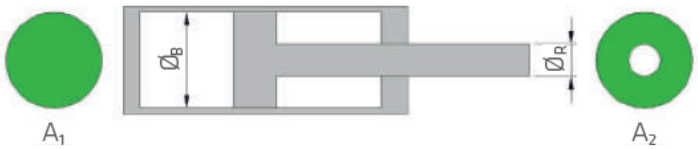
1. Dno cilindra
2. Klip
3. Uška klipnjače
4. Navrtka klipa
5. Vođica
6. Navrtka cilindra
7. Zaptivni komplet
8. Manžetna
9. O – prsten klipa
10. O – prsten vođice
11. Vodeći prsten
12. Brisač
13. Mazalica
14. G - ležaj
15. Uška cilindra
16. Cev cilindra
17. Klipnjača
18. Priključak za crevo

Slika 4.1. *Komponente hidrauličnog cilindra – tip HC-01*

Proračun pojedinih funkcionalnih i dimenzionih karakteristika predstavlja prvi korak u projektovanju i konstruisanju odgovarajućeg hidrauličnog cilindra. Za tok proračuna važno je znati vrstu hidrocilindra, njegovu namenu i uslove u kojima će se koristiti. U zavisnosti od toga kakvi se pritisci javljaju i zadata opterećenja kojima je cilindar izložen, potrebno je usvojiti optimalne vrednosti dimenzija komponenti hidrauličnog cilindra, kao što su unutrašnji i spoljašnji prečnik cevi, prečnik i dužina klipnjače, hod cilindra i sl. Takođe je važno prilikom projektovanja uklopiti dužinske dimenzije klipa, vođice, navrtke klipa, navrtke cilindra, hod cilindra sa definisanim osnim rastojanjima između otvora uški za pričvršćivanje cilindra ili rastojanja nekih drugih tačaka, što je programskim rešenjem takođe obuhvaćeno.

Prvi deo proračuna se odnosi na proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje. Maksimalno aksijalno opterećenje koje deluje na cilindar (sila F) ne sme preći vrednost sile otpora na izvijanje F_b. Sila otpora na izvijanje (F_b), predstavlja vrednost sile koju klipnjača može da izdrži prilikom delovanja određenog opterećenja, a da ne dođe do njenog izvijanja. Granična sila F_b se mora proračunati i uzeti u obzir u cilju izbegavanja oštećenja hidrauličnog cilindra. Ova sila zavisi od mnogo faktora, kao što su opterećenje koje treba da savlada, materijal, prečnik i dužina klipnjače, prečnik klipa, vrsta i način ugradnje i funkcije hidrauličnog cilindra. U nastavku je prikazan kratak postupak proračuna sile F (uzima se veća vrednost sile F_1 ili F_2) u zavisnosti od funkcije hidrocilindra, odnosno proračuna sile otpora na izvijanje F_b.

U zavisnosti da li cilindar gura ili vuče, sila F se proračunava prema sledećim formulama, slika 4.2.



Slika 4.2. Poprečni presek hidrauličnog cilindra

Osnovne elemente za proračun hidrauličnog cilindra čine sile F_1 i F_2.

$$F_1 = A_1 \cdot p = \frac{\emptyset_B{}^2}{4} \cdot \pi \quad [N]$$ Aktivna sila (kada hidrocilindar gura) (1)

$$F_2 = A_2 \cdot p = \frac{(\emptyset_B{}^2 - \emptyset_R{}^2)}{4} \cdot \pi \quad [N]$$ Reaktivna sila (kada hidrocilindar vuče) (2)

Gde su:

A_1 i A_2 - površine klipa,
$Ø_B$ – prečnik klipa,
$Ø_R$ – prečnik klipnjače,

Sila otpora na izvijanje F_B se proračunava u zavisnosti od odnosa λ (vitkost klipnjače) i λ_g (granična vrednost vitkosti klipnjače). Za slučaj da je $\lambda \leq \lambda_g$, proračun se vrši prema Tetmajeru, dok se za slučaj kada je $\lambda > \lambda_g$ proračun vrši prema Euler-u [49].

$$F_b = \frac{\pi \cdot \emptyset_B{}^2 (355 - 0{,}62 \cdot \lambda)}{4 \cdot S} \quad [N]$$ Tetmajerov izraz za slučaj $\lambda \leq \lambda_g$, (3)

$$F_b = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{S \cdot L_B^2} \quad [N]$$ Eulerov izraz za slučaj $\lambda > \lambda_g$, (4)

$$J = \frac{\pi \cdot \emptyset_B{}^4}{64} \quad [mm^4]$$ Moment inercije poprečnog preseka (5)

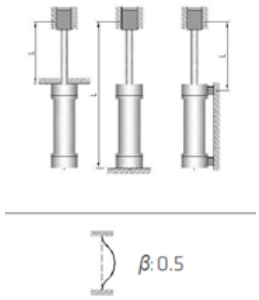
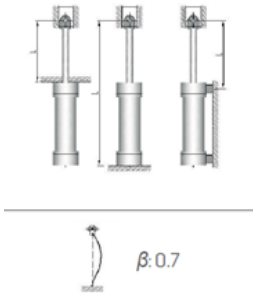
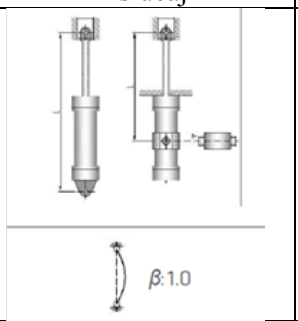
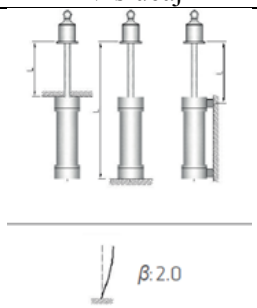
$$\lambda = \frac{4 \cdot L_B}{\emptyset_B}$$ Vitkost klipnjače (6)

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{1{,}25 \cdot E}{R_e}}$$ Granična vrednost vitkosti klipnjače (7)

$$L_B = \beta \cdot L \quad [mm]$$ Referentna dužina izvijanja (8)

Gde su:
F_b – sila otpora na izvijanje
λ – vitkost klipnjače
λ_g – granična vrednost vitkosti klipnjače
E – Jangov modul elastičnosti (za čelik E=210000 MPa)
β - dužinski koeficijent izvijanja (usvaja se prema tabeli 4.1)
L (mm) – Rastojanje fiksnih tačaka hidrauličnog cilindra (zavisi od načina ugradnje)
S=3,5 - stepen sigurnosti
R_e (MPa) – Granica napona tečenja materijala

Tabela 4.1. *Dužinski koeficijent izvijanja u zavisnosti od načina ugradnje hidrauličnog cilindra*

I slučaj	II slučaj	III slučaj	IV slučaj
			
čvrsta veza i na gornjem i donjem delu hidrauličnog cilindra *(najpovoljniji slučaj)*	čvrsta veza na donjem delu i zglobna veza na gornjem delu hidrauličnog cilindra	zglobna veza i na gornjem i na donjem delu hidrauličnog cilindra	čvrsta veza na donjem i slobodan kraj na gornjem delu hidrauličnog cilindra (*najnepovoljniji slučaj*)

Napomena: Gornji deo-klipnjača, Donji deo-cilindar

Pored proračuna na izvijanje u okviru programskog rešenja proračunavaju se i mnoge druge karakteristike hidrauličnih cilindara kao što su npr. sila, odnosno masa koju može da podigne i povuče, prečnik klipa i druge dimenzione karakteristike cilindra koje su međusobno zavisne.

4.2 Model programskog rešenja

Razvijeno programsko rešenje SAP_HC – "sistem za automatizovano projektovanje hidrauličnih cilindara" je namenjeno za unapređenje tehničke pripreme proizvodnje hidrauličnih cilindara u posmatranom preduzeću, odnosno za brže i efikasnije projektovanje hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove proizvodnje, čija je osnovna algoritamska struktura data na slici 4.2.

Programsko rešenje je razvijeno u Excel-u i povezano sa CAx programskim sistemom Invertor u okviru koga su formirani parametarski modeli i crteži sklopova, podsklopova i komponenti dva osnovna tipa hidrauličnih cilindara koji se proizvode u posmatranom preduzeću.

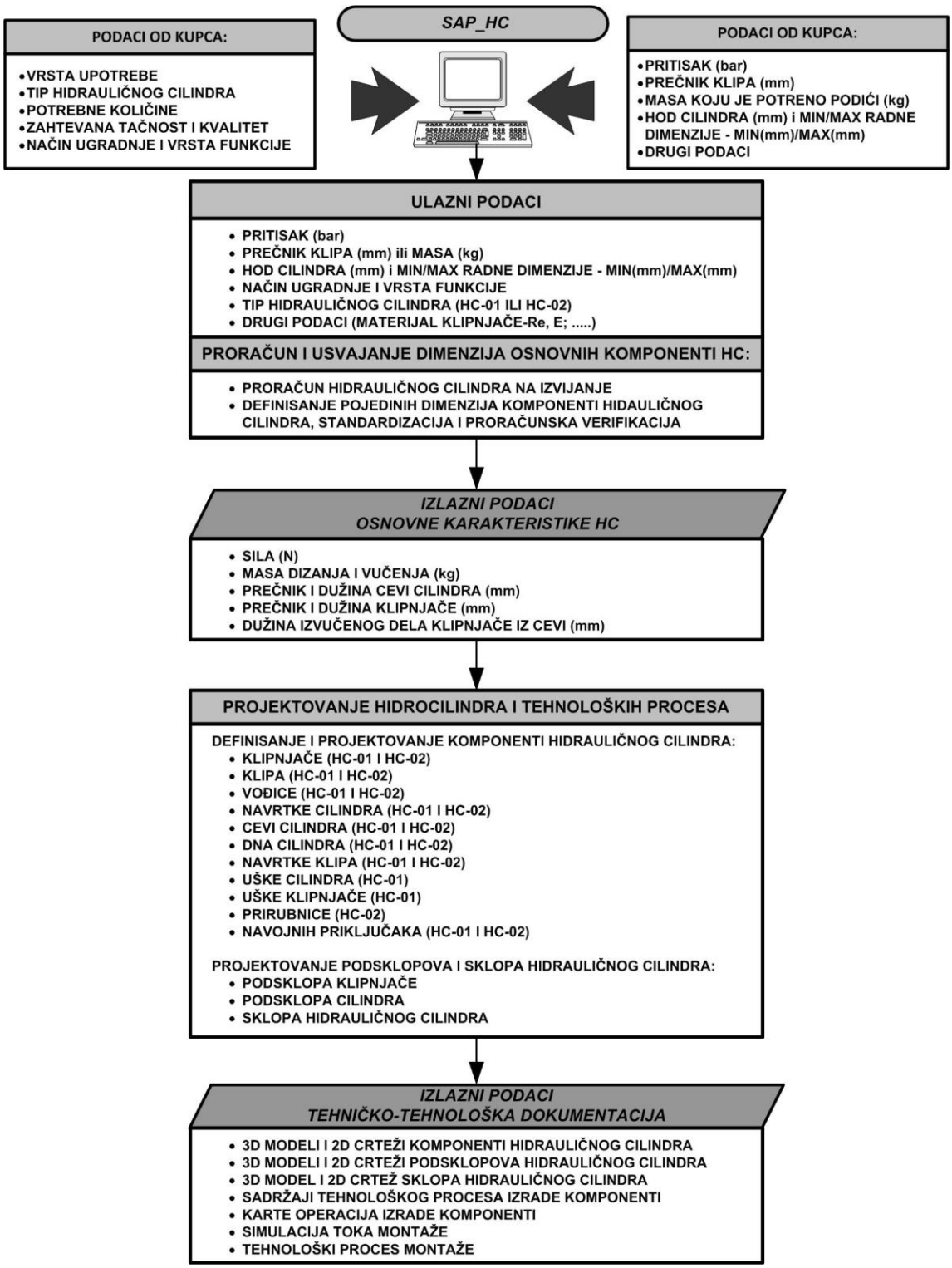
Posmatrano programsko rešenje je korisnički orijentisano, u okviru koga je potreban unos početnih parametara i interaktivan izbor pojedinih elemenata od strane projektanta kojima se zadovoljavaju zahtevane karakteristike hidrauličnog cilindra od strane poručioca ili potreba sopstvene proizvodnje.

Osnovne aktivnosti programskog rešenja su:

- *Ulazni podaci* (pritisak, prečnik klipa ili masa koju treba podići/povući, hod cilindra/min-max radne dimenzije, način pričvršćivanja i vrsta funkcije hidrocilindra, izbor tipa hidrauličnog cilindra)
- *Proračun i usvajanje dimenzija osnovnih komponenti hidrauličnog cilindra* (unos dobijenih preporučenih vrednosti, proračun na izvijanje i usvajanje prečnika klipnjače, definisanje dimenzija pojedinih komponenti i njihova standardizacija, i dr.)
- *Projektovanje hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa izrade i montaže:*
  - Projektovanje komponenti / definisanje tehničko-tehnološke dokumentacije komponenti hidrocilindra (3D modela, 2D crteža, sadržaja tehnoloških procesa izrade, karti operacija tehnološkog procesa izrade)
  - Projektovanje podsklopova i sklopa finalnog proizvoda / definisanje tehničko-tehnološke dokumentacije sklopa i podklopova hidrocilindra (3D modeli, 2D crteži, eksplozivni model/crtež, simulacija toka montaže, tehnološki proces montaže sa osnovnim tokom montaže).

S obzirom na tehničko-tehnološke mogućnosti poosmatranog proizvodnog sistema, postavljena su i trenutna ograničenja programskog rešenja za:

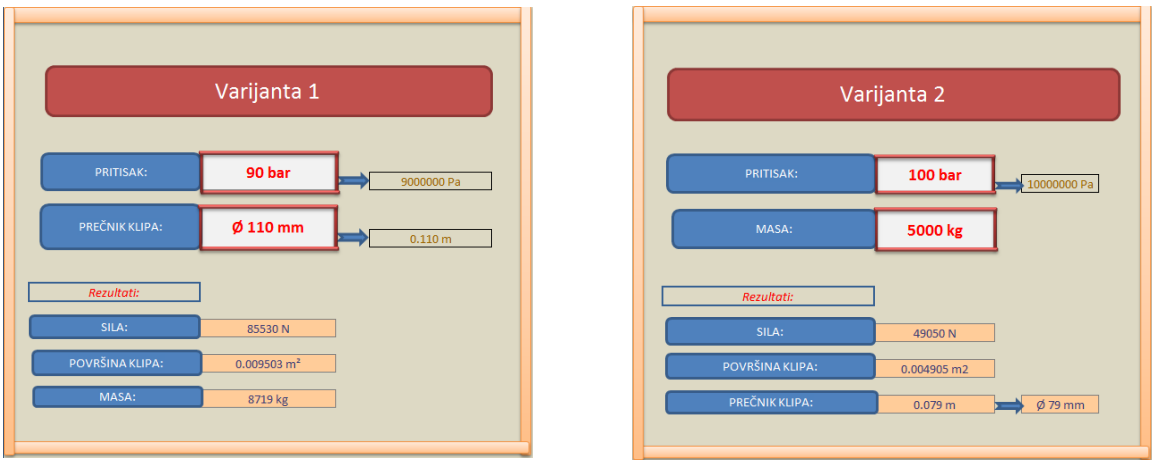
- *Prečnik cevi cilindra: min Ø40 - max Ø250*
- *Prečnik klipnjače: min Ø10 - max Ø180*



Slika 4.2. *Model programskog rešenja – SAP_HC*

4.3 Opis primene programskog rešenja

Početni proračun u programskom rešenju može da se realizuje u dve varijante u zavisnosti od ulaznih podataka. U prvoj je potrebno uneti pritisak (bar) i prečnik klipa (mm), slika 4.3a. U drugoj varijanti je potrebno takođe uneti pritisak (bar) i masu (kg) koju treba da podigne hidrocilindar, slika 4.3b. Izlazni rezultati ovog proračuna su teorijske vrednosti koje pomažu pri projektovanju hidrocilindra, kao što su: sila dizanja, masa dizanja, prečnik klipa, odnosno unutrašnji prečnik cevi.

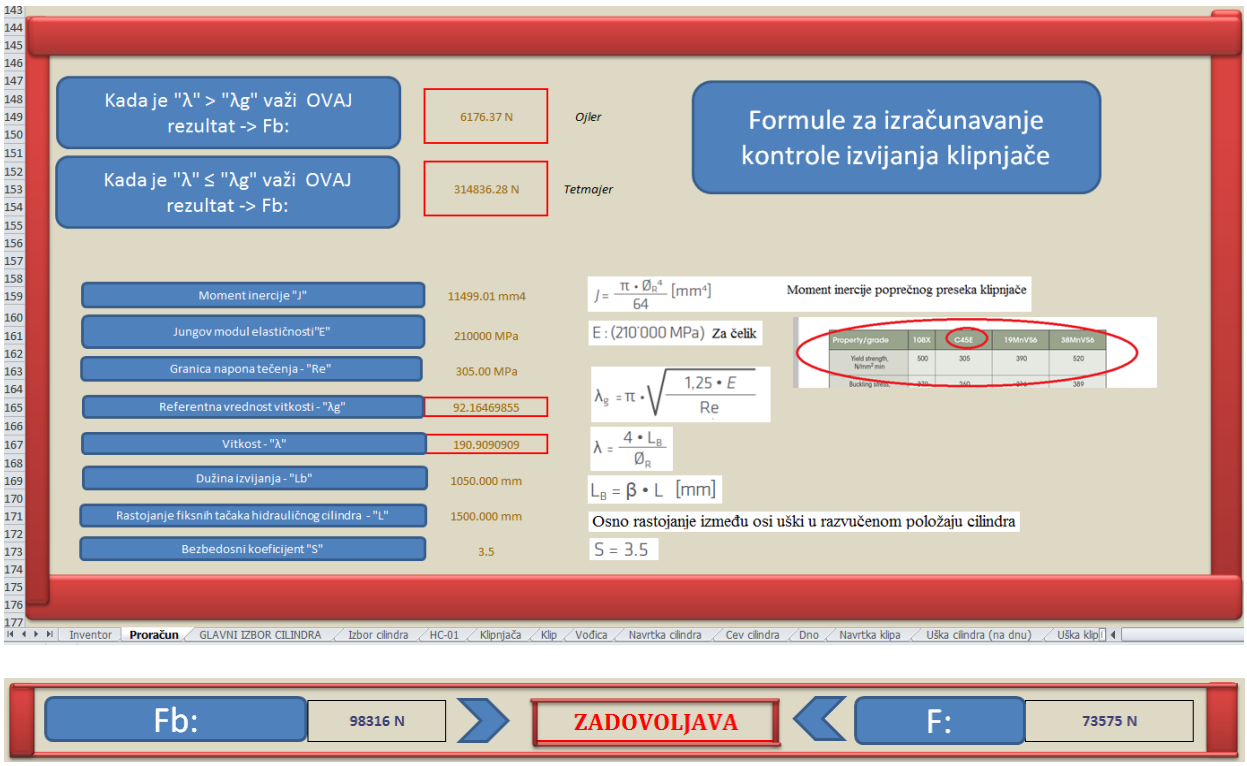


a) I varijanta b) II varijanta

Slika 4.3. *Deo ulaznih podataka u programsko rešenje*

Nakon unosa ovih podataka potrebno je definisati i druge ulazne podatke, kao što su: hod cilindra, odnosno minimalne i maksimalne radne dimenzije hidrocilindra, potom način ugradnje i vrstu funkcije hidrocilindra, materijal klipnjače sa podacima o naponu tečenja (R_e) i modulu elastičnosti (E), kao i zadati ili pretpostavljeni prečnik klipnjače. Definisanje prečnika klipnjače se u prvom koraku vrši iskustveno, pri čemu je moguće iz programa izabrati samo standardne prečnike klipnjače, koji odgovaraju standardnim prečnicima klipa i dimenzijama zaptivnih elemenata.

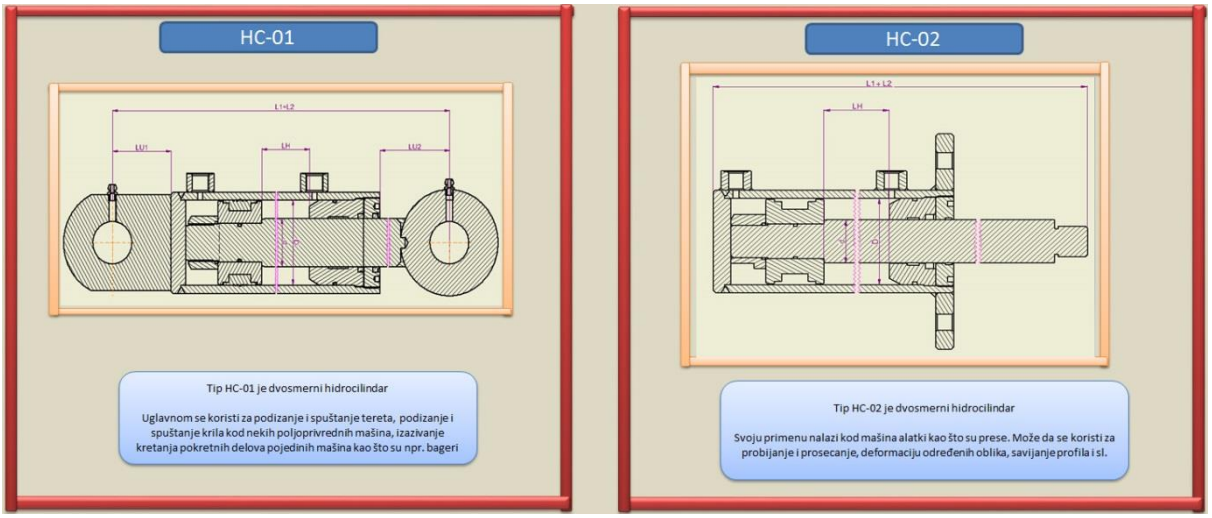
Na osnovu ovih podataka vrši se proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje prema postupku koji je razvijen na bazi proračuna koji je prikazan u poglavlju 4.2. Na izlazu se dobija rezultat, kojim se definiše da li predviđeni prečnik i materijal klipnjače zadovoljavaju postavljene uslove rada hidrauličnog cilindra, odnosno da neće doći do izvijanja klipnjače pri vršenju namenjene funkcije, slika 4.4.



Slika 4.4. *Proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje u programskom rešenju*

Nakon zadovoljenja stepena sigurnosti na izvijanje hidrocilindra potrebno je izvršiti izbor tipa hodrocilindra (HC-01 ili HC-02). Prvi tip hidrocilindra (HC-01), slika 4.5a, uglavnom se koristi za

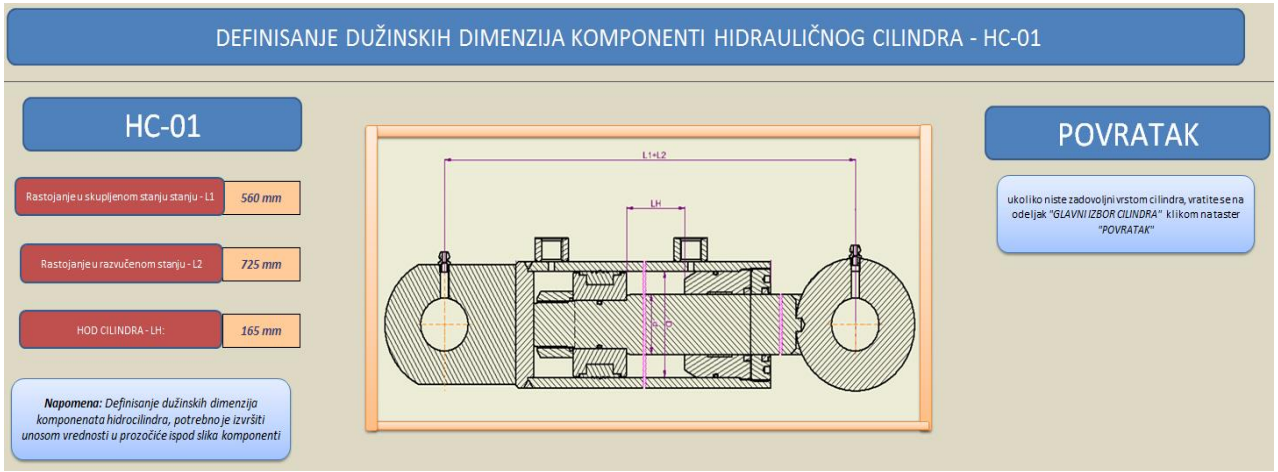
podizanje i spuštanje tereta, kao npr. podizanje i spuštanje krila kod poljoprivrednih mašina, pokretnih delova pojedinih mašina kao što su npr. bageri, i sl. Drugi tip hidrocilindra (HC-02), slika 4.5b, svoju primenu pronalazi kod mašina alatki kao što su prese, kao i kod drugih mašina i uređaja. U nastavku će se prikazati dalji postupak proračuna i projektovanja hidrocilidra za prvi tip HC-01.



a) Tip HC-01 b) Tip HC-02

Slika 4.5. *Izbor tipa hidrauličnog cilindra*

Nakon izbora tipa hidrocilindra (u posmatranom slučaju prvog tipa) otvara se osnovna forma za definisanje ovog tipa hidrocilindra, slika 4.6 .



Slika 4.6. *Osnovna forma za definisanje komponenti prvog tipa hidrocilindra HC-01*

U cilju generisanja osnovnih dimenzija hidrocilindra neophodno je interaktivno definisati pojedine dužinske mere sastavnih komponenti hidrocilindra (programsko rešenje nudi preporuke raspona ovih dimenzija na osnovu čega se usvaja standardno rešenje):

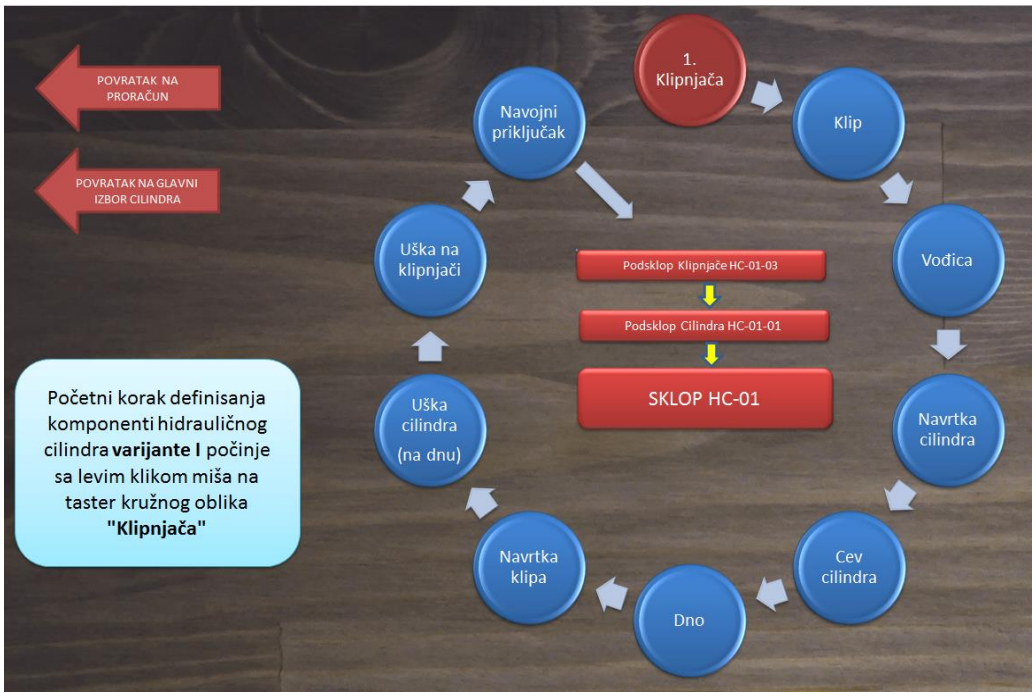
- *Rastojanje od centra otvora uške do dna cilindra*
- *Dužina navrtke klipa*
- *Dužina klipa*
- *Rastojanje od centra uške na klipnjači do klipnjače*
- *Dužina vođice*
- *Dužina navrtke cilindra*
- *Dužina dna cilindra – u cevi (L1) i dužina dna – van cevi (L2)*

Nakon definisanja ovih dimenzija na izlazu se automatski dobijaju dužina cevi, dužina klipnjače i dužina izvučenog dela klipnjače iz cevi (do uške) kao rezultat razlike između zahteva hidrocilindra u vidu rastojanja u razvučenom/skupljenom stanju, hoda, odnosno dimenzija njegovih komponenti.

U okviru sledećeg koraka vrši se definisanje dimenzionih karakteristika svih komponenti hidrocilindra i na izlazu se generiše odgovarajuća tehnička dokumentacija komponenti, podsklopova i sklopa hidrocilindra (3D modeli i 2D - radionički crteži) na bazi prethodno kreiranih parametarskih modela i crteža. Isto tako dobija se i odgovarajuća tehnološka dokumentacija za izradu komponenti i montažu podsklopova hidrocilindra i sklopa gotovog proizvoda – hidraličnog cilindra.

Na slici 4.7 prikazana je forma programskog rešenja na osnovu koje se redom definišu sve komponente izabranog tipa hidrauličnog cilindra:

- *Klipnjača,*
- *Klip,*
- *Vođica,*
- *Navrtka cilindra,*
- *Cev cilindra,*
- *Dno cilindra,*
- *Navrtka klipa,*
- *Uška cilindra,*
- *Uška na klipnjači,*
- *Navojni priključci i*
- *Prirubnica (kod drugog tipa HC-02).*



Slika 4.7. *Osnovna forma za definisanja komponenti, podsklopova i sklopa hidrocilindra - HC-01*

Nakon definisanja svih dimenzionih vrednosti automatizovano se generiše 3D model i 2D (radionički) crtež definisane komponente, sadržaj tehnološkog procesa i odgovarajuće karte operacija izrade.

Za slučaj da se radi reparacija, odnosno remont hidrauličnog cilindra moguće je birati samo one komponente koje su u otkazu, odnosno za koje je potrebno definisati tehničko-tehnološku dokumentaciju za njihovu proizvodnju.

Nakon definisanja svih komponenti, automatizovano se generišu 3D modeli i 2D crteži podsklopova i sklopa hidrocilindra, eksplozivni model hidrocilindra, kao i tehnološki proces montaže proizvoda sa odgovarajućom šemom montaže.

Detaljniji prikaz primene programskog rešenja dat je u sledećem poglavlju kroz konkretnu primenu za projektovanje hidrauličnih cilindara prema zahtevu kupca.

5. PRIKAZ REZULTATA PRIMENE PROGRAMSKOG REŠENJA

5.1 Prikaz verifikacije na primeru tipa hidrauličnog cilindra HC-01

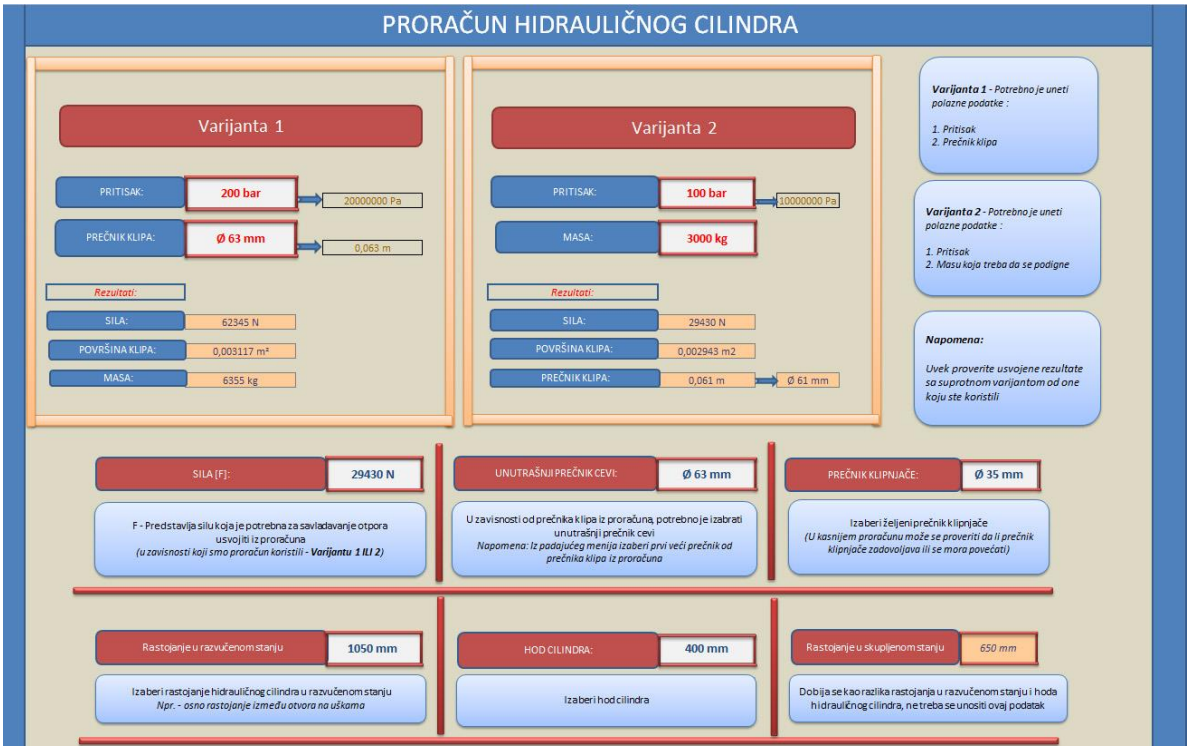
1. Ulazni podaci

Prema porudžbini bilo je potrebno izraditi hidraulične cilindre sa sledećim karakteristikama:

- *Rastojanje između osa na otvoru uški u razvučenom stanju treba da bude 1050mm*
- *Hod cilindra treba da iznosi 400mm*
- *Namena je podizanje platforme na visinu 350-400mm, pri čemu je čvrsta veza na donjem (na cilindru) i zglobna veza na gornjem kraju (na klipnjači)*
- *Platforma je namenjena za podizanje mase do 3000kg po cilindru (ukupno do 12000kg)*
- *Normalni radni pritisak je 100bar*
- *Konstrukcija platforme i elementa za kačenje će se prilagoditi konstrukciji hidrocilindra*
- *Količina – 8 komada*

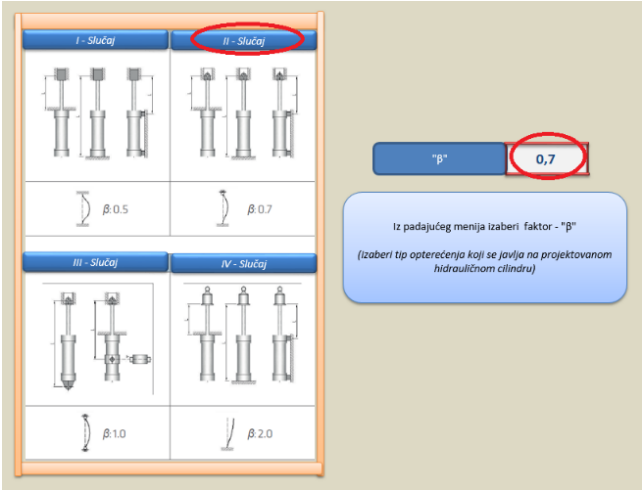
2. Proračun i usvajanje dimenzija osnovnih komponenti hidrauličnog cilindra

Na osnovu definisanih ulaznih podataka proračunski se dobija odgovarajuća sile F i preporučeni prečnik klipa, slika 5.1. U posmatranom slučaju merodavna je varijanta 2 za proračun, s obzirom da je zadata masa koju je potrebno podići, ali se posmatra i varijanta 1 na bazi maksimalnog probnog pritiska za ovu vrstu cilindara. Na osnovu proračuna dobija se da je potreban prečnik klipa od 61mm, na osnovu čega je usvojen standardni prečnik od 63mm. Na bazi izabranog prečnika klipa definisan je standardni prečnik klipnjače (35mm), kao polazni podatak za proračun hidrocilindra na izvijanje.



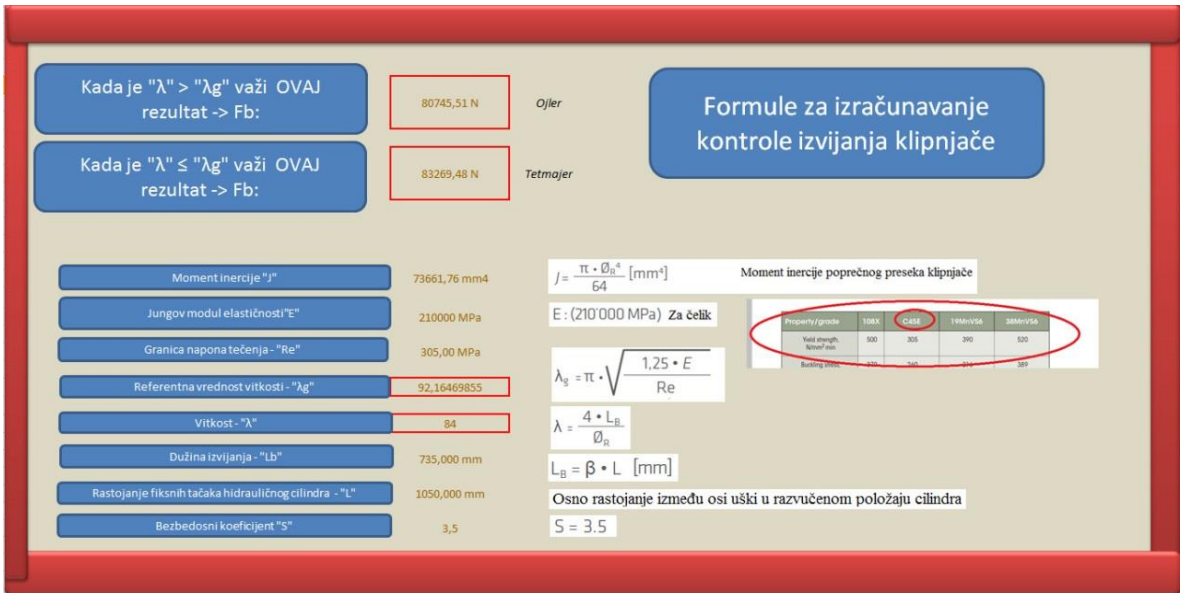
Slika 5.1. *Ulazni podaci za definisanje sile F (F_1 i F_2) i prečnika klipa*

Prema zahtevu kupca definisani način ugradnje hidrocilindra je sa čvrstom vezom na donjem i zglobnom vezom na gornjem kraju, na osnovu čega je izabran je II slučaj za definisanje koeficijenta β (dužinski koeficijent izvijanja β=0,7), slika 5.2.



Slika 5.2. *Definisanje načina ugradnje hidrocilindra za izbor koeficijenta β*

Shodno tome da je $\lambda \leq \lambda_g$ sila otpora na izvijanje hidrocilindra F_b se računa na bazi formule prema Tetmajeru, i iznosi F_b=83269,48N, slika 5.3.

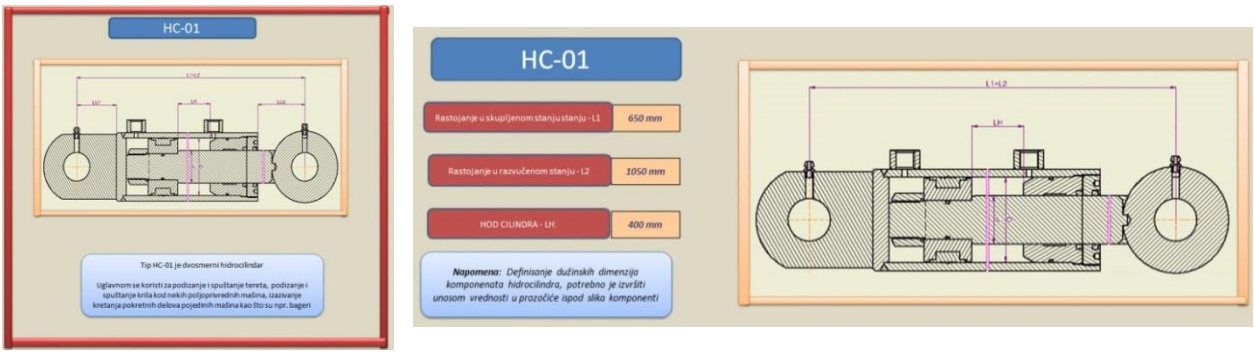


Slika 5.3. *Proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje*

Na osnovu izvršenog proračuna vidi se da je F_b>F_2 (83269,48N > 29430N), što znači da ako na klipnjaču prečnika 35mm deluje masa od 3000kg, neće doći do izvijanja klipnjače cilindra. Ako se posmatra sila F_1 (F_1=62345N) koja se javlja pri maksimalnom probnom pritisku (P=200bar), koji je veći od maksimalnog radnog pritiska (P=160bar), može se takođe zaključiti da neće doći do izvijanja hidrocilindra (klipnjače) jer je F_b>F_1 (83269,48N > 62345N), slika 5.4.

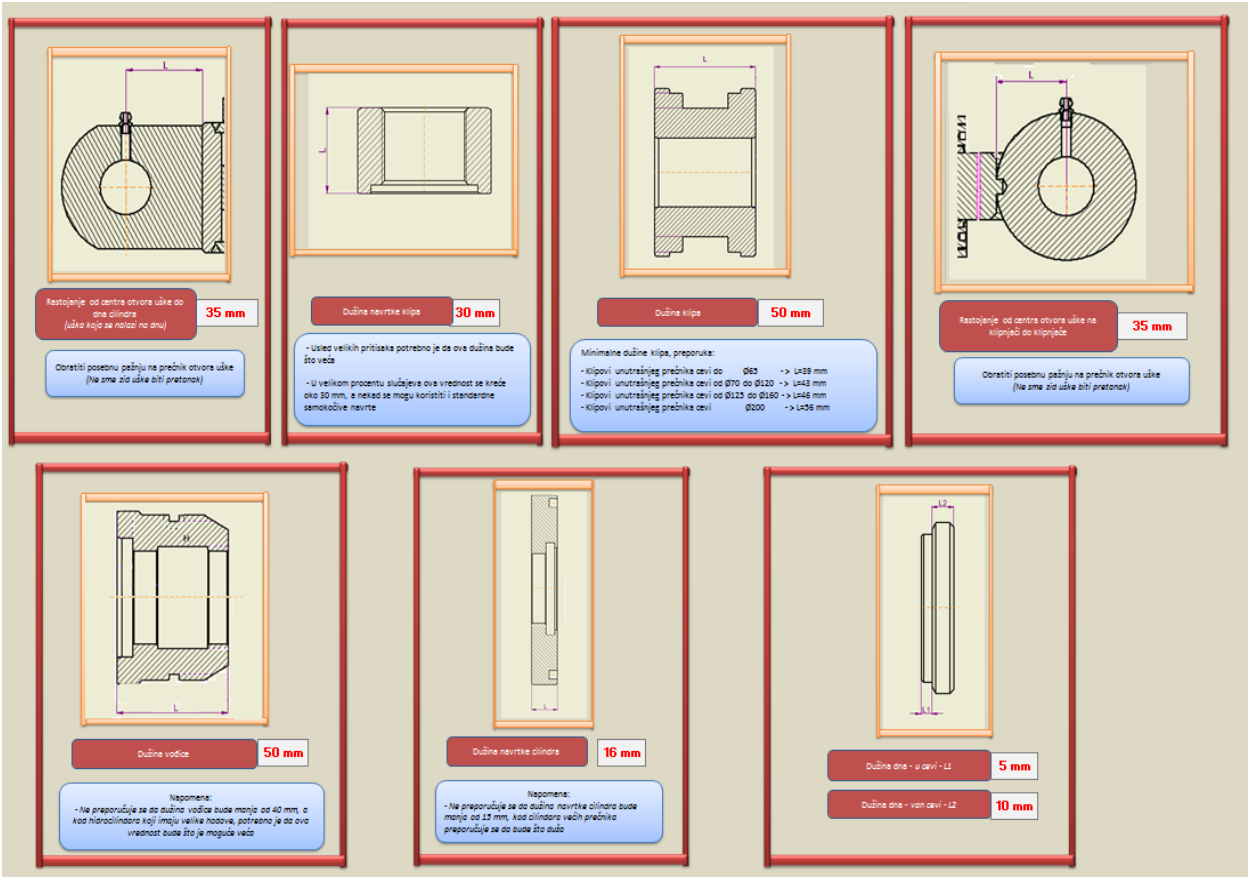
Slika 5.4. *Provera hidrocilindra na izvijanje*

Nakon definisanja početnih podataka vrši se izbor tipa hidrauličnog cilindra, koji je za ovaj slučaj HC-01, slika 5.5.



Slika 5.5. *Izbor tipa hidrauličnog cilindra (za ovaj slučaj tip HC-01)*

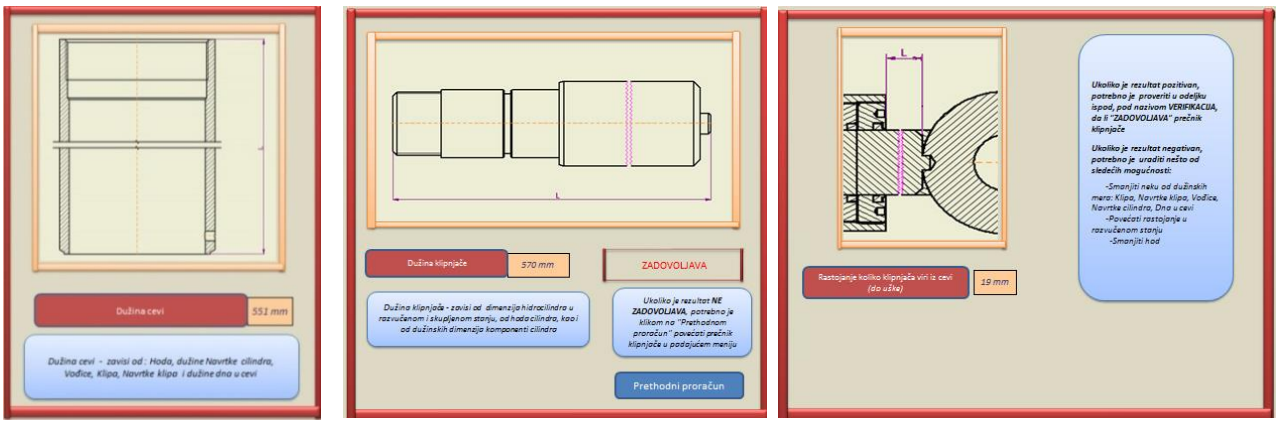
U cilju dobijanja osnovnih dimenzija hidrocilindra definisane su pojedine dužinske mere sastavnih komponenti hidrocilindra, slika 5.6.



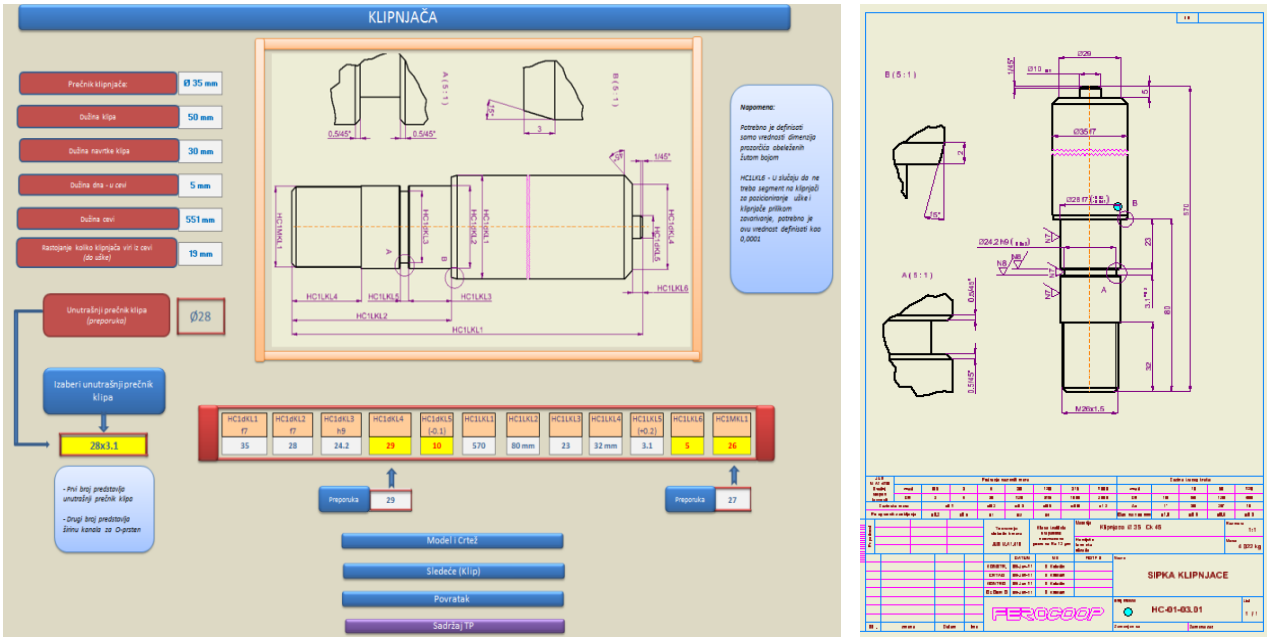
Slika 5.6. *Definisanje dužinskih mera pojedinih komponenti hidrocilindra*

Nakon definisanja ovih dimenzija na izlazu se automatski dobijaju dužina cevi, dužina klipnjače i dužina izvučenog dela klipnjače iz cevi (do uške) kao rezultat razlike između zahteva u vidu dimenzija hidrocilindra u razvučenom/skupljenom stanju, hoda hidrocilindra, odnosno prethodno definisanih dimenzija njegovih komponenti, slika 5.7.

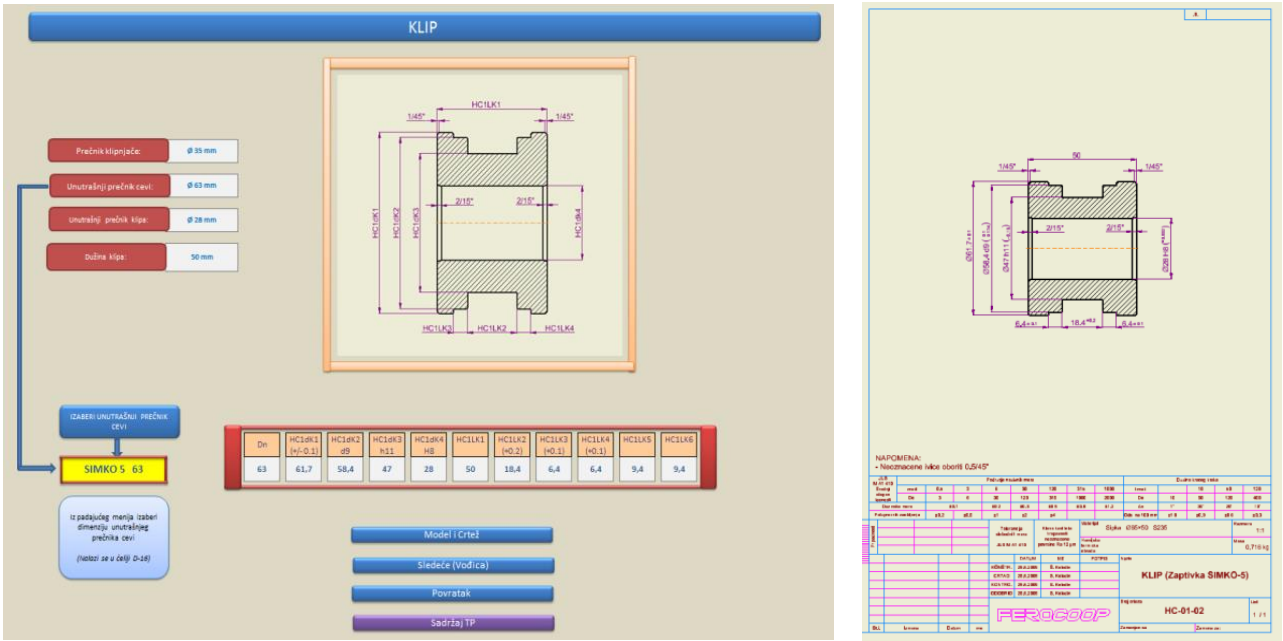
Definisanjem navedenih dimenzija vitalnih komponenti hidrauličnog cilindra programskim rešenjem se automatizovano dobijaju sve dimenzije komponenti, na osnovu čega se generišu 3D modeli i 2D crteži istih, a potom i dokumentacija podsklopova i sklopa gotovog hidrocilindra, slike 5.8 – 5.17.



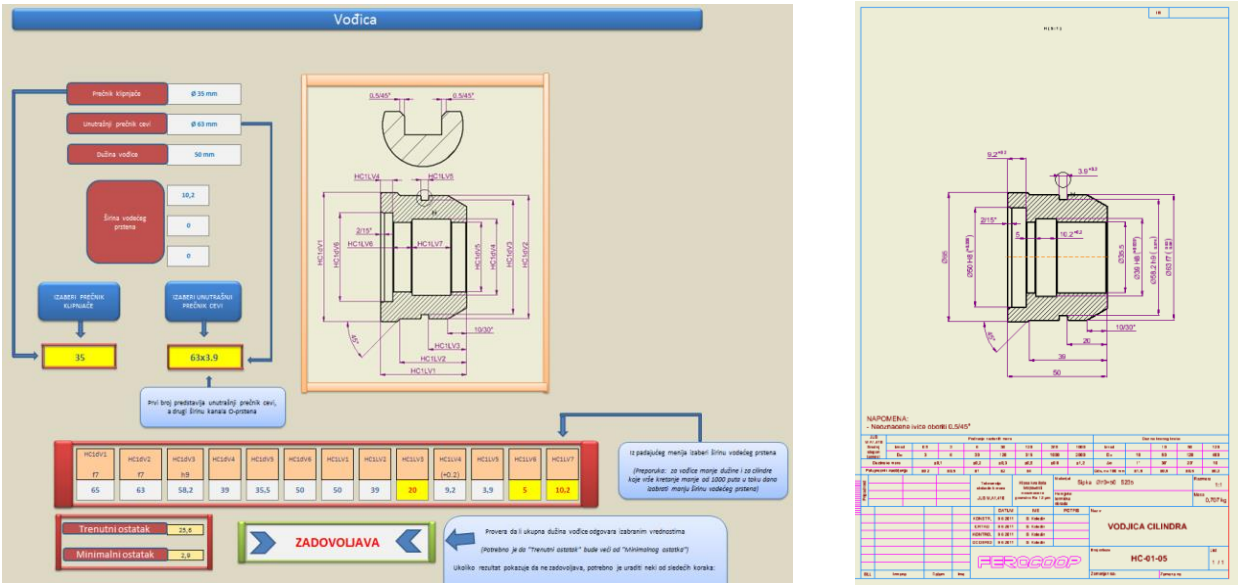
Slika 5.7. *Generisanje dužinskih mera cilindra, klipnjače i izvučenog dela klipnjače iz cevi*



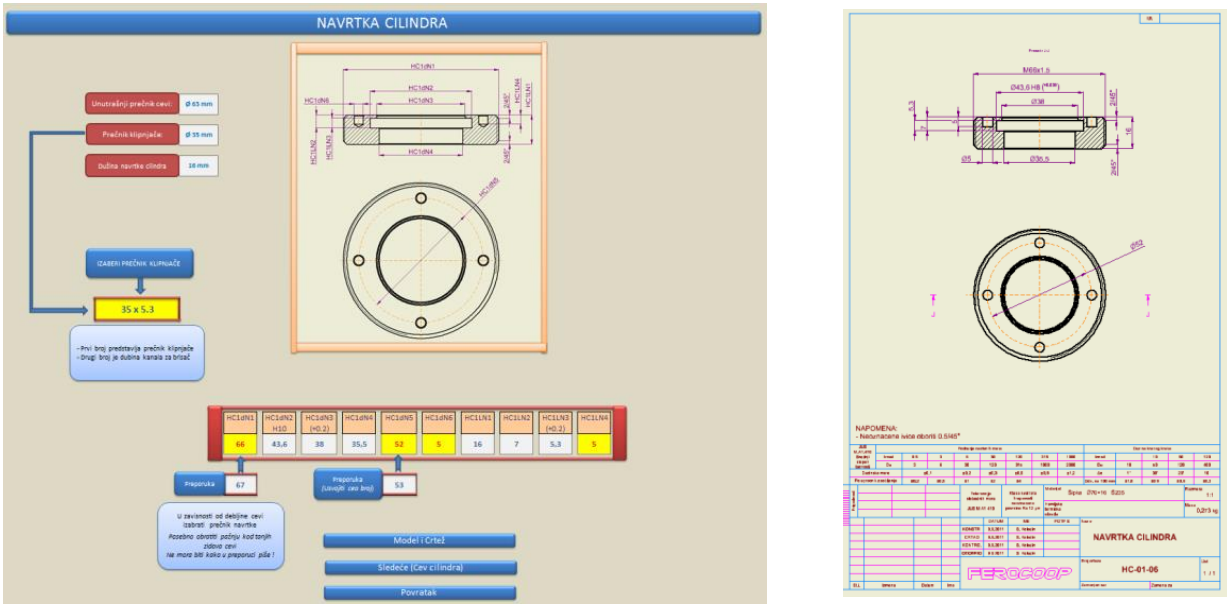
Slika 5.8. *Definisanje dimenzija klipnjače i generisani 2D-radionički crtež*



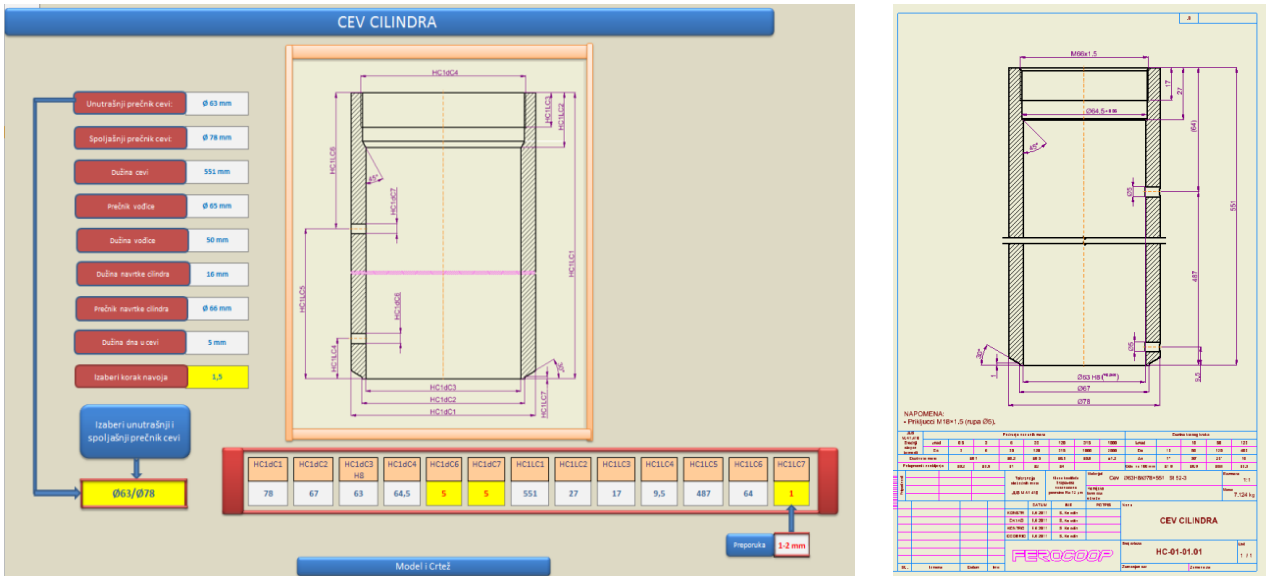
Slika 5.9. *Definisanje dimenzija klipa i generisani 2D-radionički crtež*



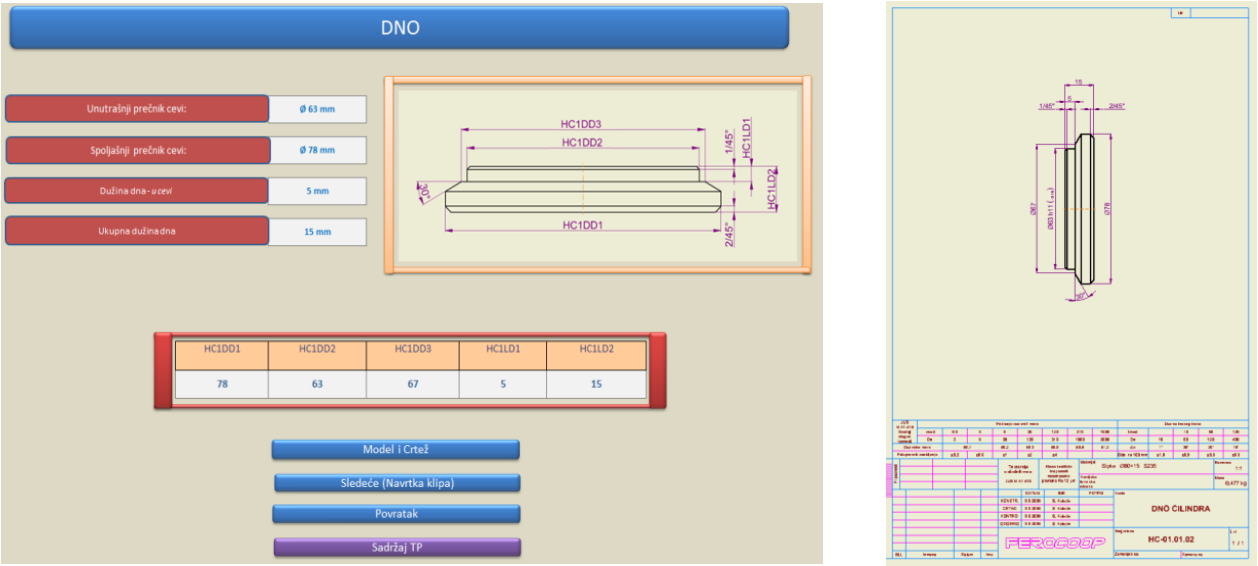
Slika 5.10. *Definisanje dimenzija vođice i generisani 2D-radionički crtež*



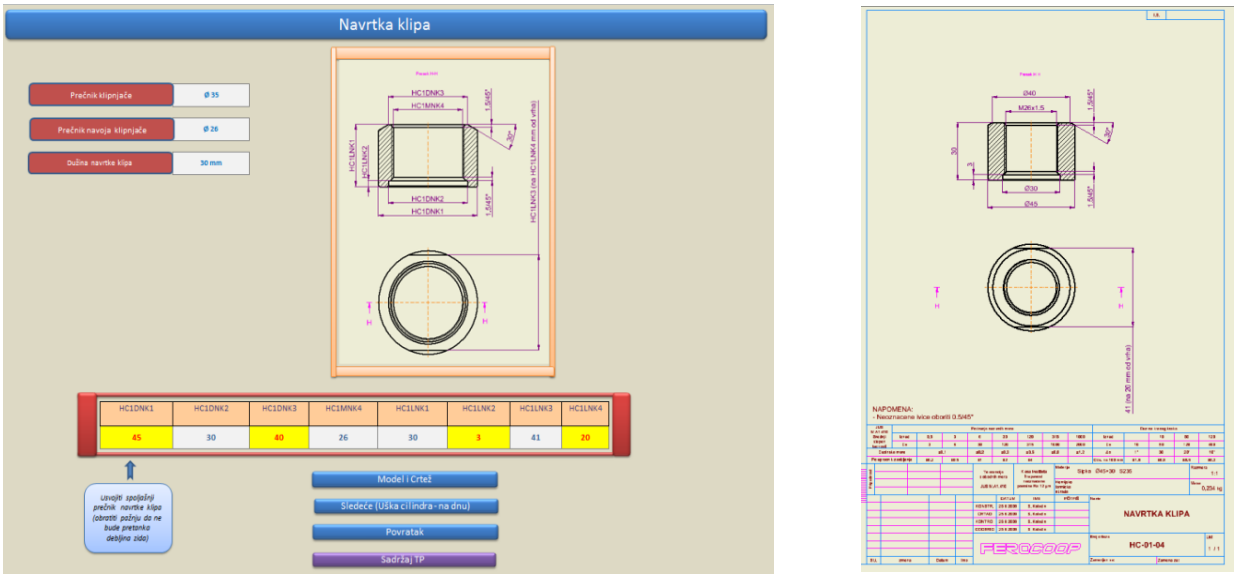
Slika 5.11. *Definisanje dimenzija navrtke cilindra i generisani 2D-radionički crtež*



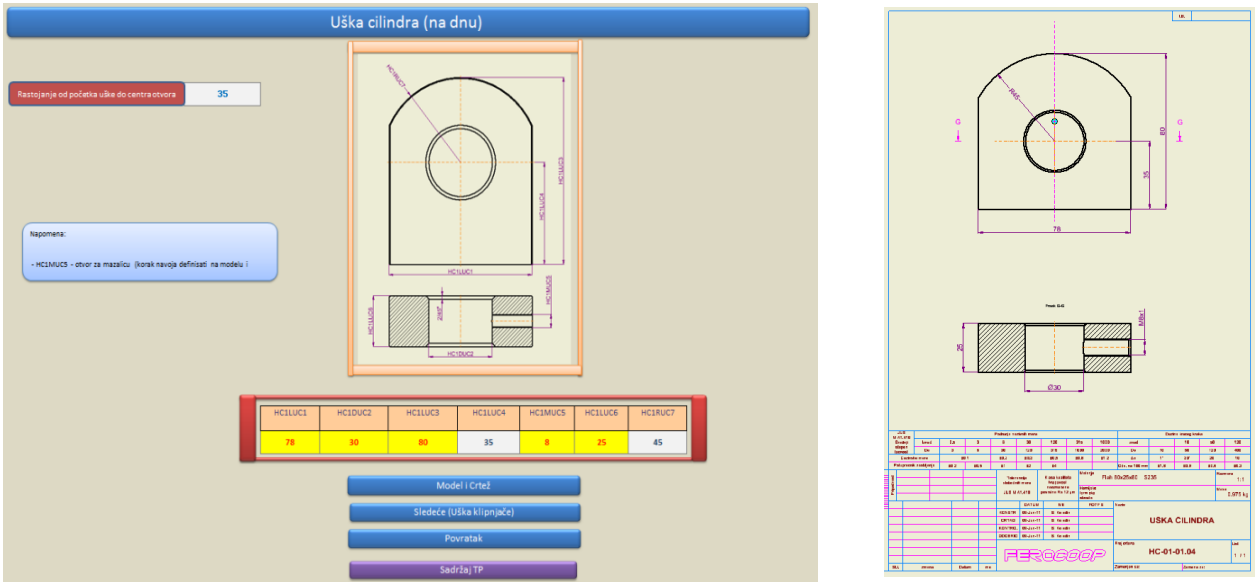
Slika 5.12. *Definisanje dimenzija cevi cilindra i generisani 2D-radionički crtež*



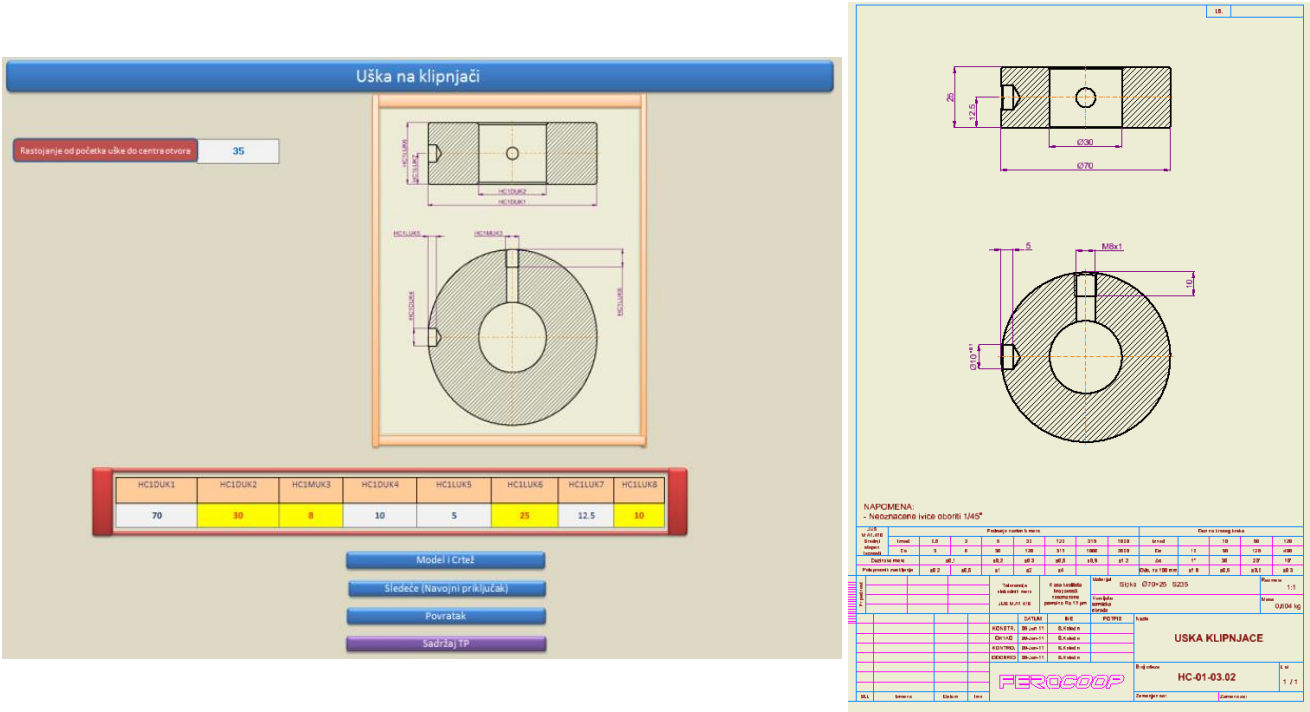
Slika 5.13. *Definisanje dimenzija dna cilindra i generisani 2D-radionički crtež*



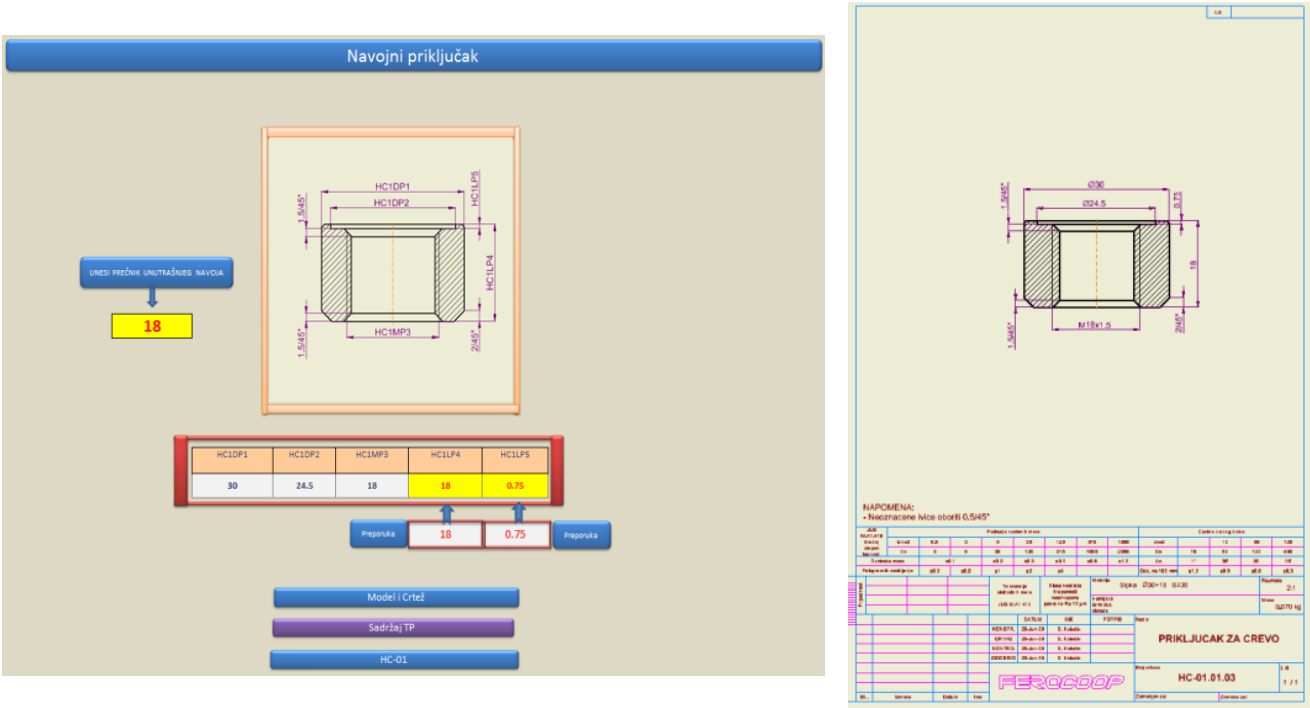
Slika 5.14. *Definisanje dimenzija navrtke klipa i generisani 2D-radionički crtež*



Slika 5.15. *Definisanje dimenzija uške cilindra i generisani 2D-radionički crtež*

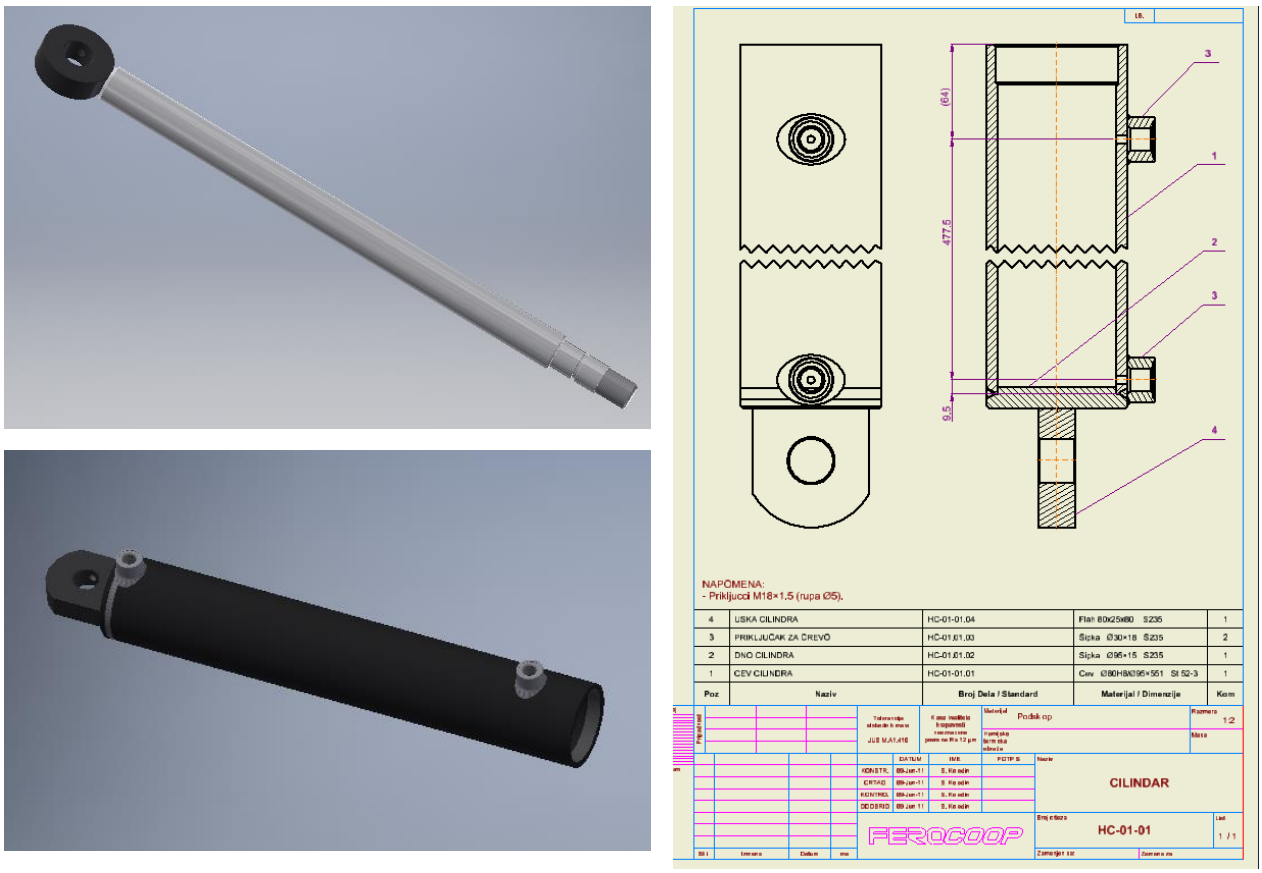


Slika 5.16. *Definisanje dimenzija uške na klipnjači i generisani 2D-radionički crtež*

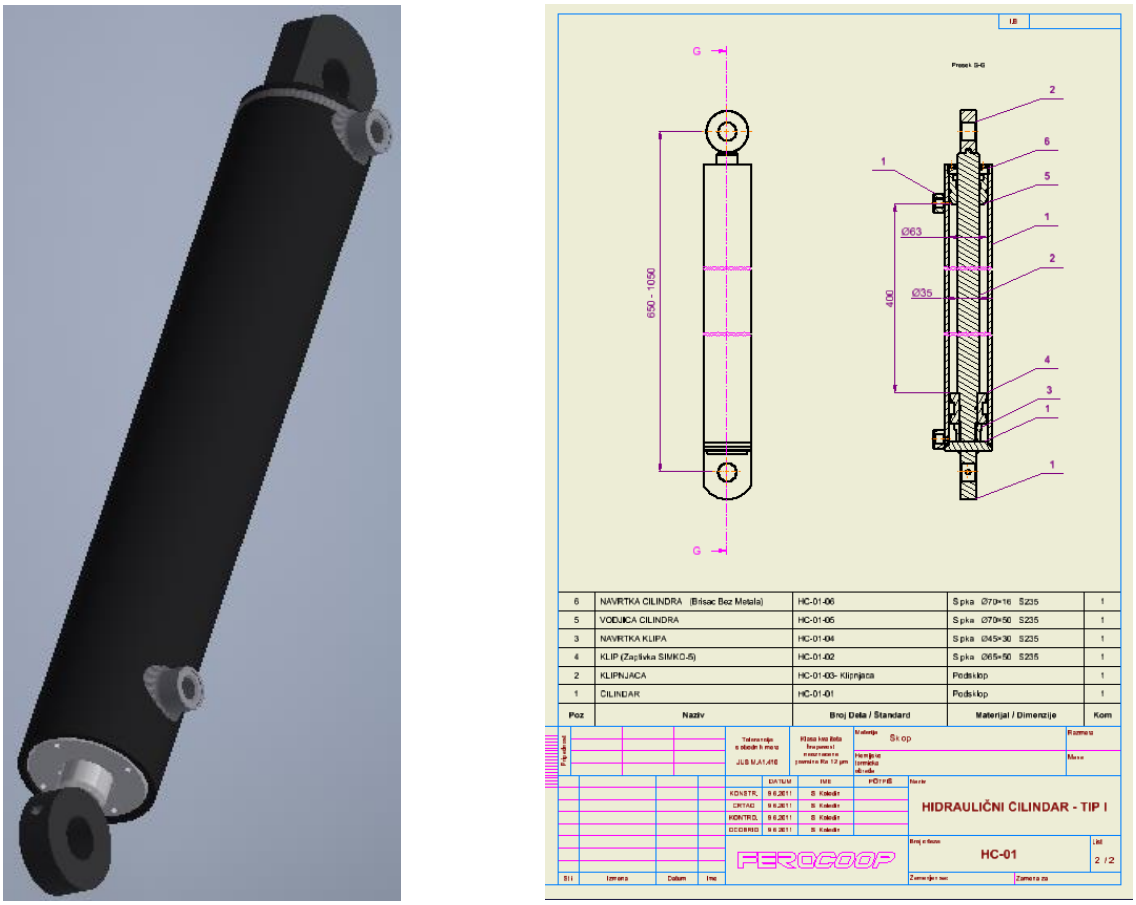


Slika 5.17. *Definisanje dimenzija navojnog priključka i generisani 2D-radionički crtež*

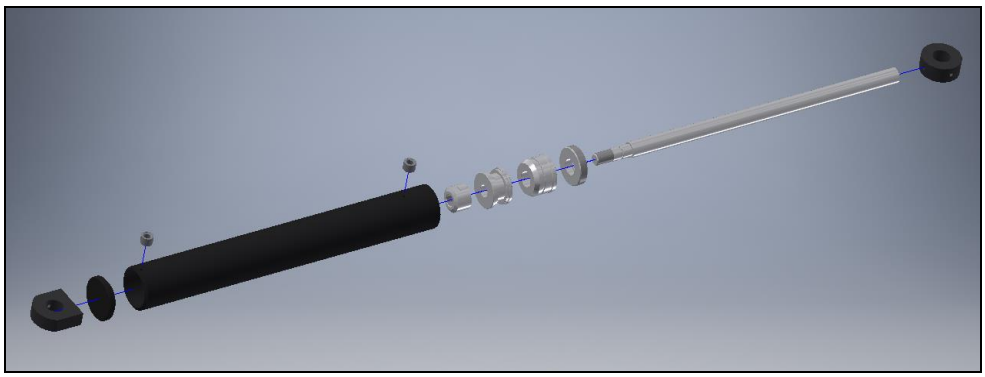
Nakon definisanja dimenzionih karakteristika i projektovanja komponenti hidrocilindra, automatizovano se generišu 3D modeli podsklopova, sklopa-hidrauličnog cilindra i odgovarajući 2D crteži, slike 5.18 i 5.19. Na slici 5.20 prikazan je eksplozivni model hidrauličnog cilindra.



Slika 5.18. *Projektovani podsklopovi cilindra i klipnjače i odgovarajući 2D crtež podsklopa cilindra*



Slika 5.19. *Generisani 3D model hidraličnog cilindra i odgovarajući 2D crtež sklopa*



Slika 5.20. *Ekslozivni model sklopa hidrauličnog cilindra*

Unapređenje tehnološke pripreme proizvodnje se ogleda u automatizaciji generisanja tehnološke dokumentacije, odnosno sadržaja tehnoloških procesa i karti operacija izrade komponenti, kao i tehnoloških procesa montaže podsklopova i gotovog proizvoda-hidrauličnog cilindra.

Na slikama 5.21 i 5.22 prikazan primer generisanog sadržaj tehnološkog procesa izrade klipnjače cilindra i karte operacije obrade struganjem (podoperacija 20/1). Na isti način se generiše tehnološka dokumentacija za sve druge komponente sklopa hidrauličnog cilindra.

AGRO TEMERIN FEROCOOP	SADRŽAJ TEHNOLOŠKOG PROCESA	Proizvod HC-01	
		Veličina serije 8 [kom]	

Naziv dela **Šipka klipnjače**		Broj dela	Indetifikacioni	**HC-01-03.01**	Ide u proizvod	Komada
			Klasifikacioni	**HC-01-03.01**	HC-01	8
Oznaka i stanje materijala		Vrsta i dimenzije pripremka			Pogon	Odelenje
Oznaka Ck45	Kod:	Oznaka: Šipka Ø35x573		Kod:		

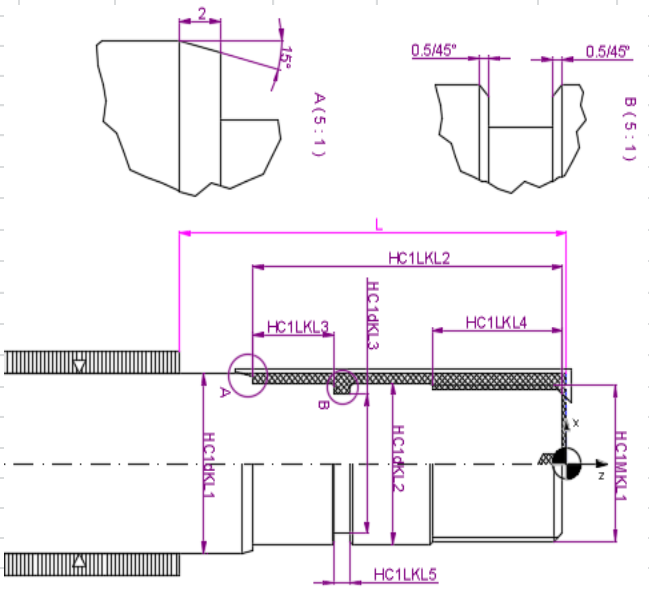
Opera-cija	NAZIV OPERACIJE	MAŠINA		Vreme [min]				Kom/8h
		Naziv	Oznaka	Pripr.	Glavno	Pomoć.	Po kom	
10/1	Sečenje	Testera	BMSO-320	1	1	0,5	1,5	40
20/1 20/2	Struganje Struganje	CNC strug	HAAS ST-20	25	2,5 0,5	0,3 0,2	3,5	17
30/1	Merenje i kontrola	Kontr. sto		1	0,5	0,5	1	60
	Ukupno:				4,5	1,5	6	

Izmena					Datum	Izradio	Kontrol.	Šef teh. pr	Šef pogona	Šef kontrole	Listova
											List broj

Slika 5.21. *Generisani sadržaj tehnološkog procesa izrade klipnjače*

Naziv dela	Broj crteža	HC-01-03.01	Veličina serije [kom]	Kod operacije
Klipnjača			8	20
Oznaka materijala	Vrsta i dimenzija pripremka		Vreme [min]	
Ck45	Šipka Ø35x573		Tpz / tg	tp / tk
Pogon	Naziv i oznaka mašine			
Hala 1	CNC strug -HAAS ST-20		25 / 2,5	0,3 / 2,8
Vrsta obrade	Sredstvo za hlađenje		Kom/8h	
Struganje	Emulzija			

Zahvat (faza)	Opis operacije	L	D	Režimi obrade n [o/min]	s [mm/o]	δ	Pribori, alati, merila
	– Stezanje komada i pozicioniranje, izvlačenje na dužinu:	90	Ø35				Samocentrirajući stezač - meke pakne Pomično merilo
	– Poravnati čelo			500	0,2		MWLNR 2525M - WNMG080408
	– Zabušivanje	8,5			0,07		Zabušivač Ø4 A4/10 HSS
	– Grubo struganje	80	Ø28 (+0,4)	1450	0,25		MWLNR 2525M - WNMG080408
	– Izrada konusa 2/15°, detalj A			1450	0,25		MWLNR 2525M - WNMG080408
	– Grubo struganje	32	Ø26 (+0,2)	1540	0,25		MWLNR 2525M - WNMG080408
	– Obaranje ivice na čelu *zavisi od koraka navoja*	1,5	sa prečnika Ø26 na prečnik Ø23	1300	0,25		MWLNR 2525M - WNMG080408
	– Fino struganje	80	Ø28 f7	1450	0,15		PDJNR 2525M 11 - DNMG 11 04 04
	– Fino struganje	32	Ø26	1540	0,15		PDJNR 2525M 11 - DNMG 11 04 04
	– Izrada spoljašnjeg navoja	32	M26 x 1,5	2000	1,5		266RG-16MM01A250M 1125
	– Usecanje žljeba	3,1 (+0,2)	Ø24,2 h9	500	0,12		N123G2-0300-0004-TM 4325
	– Obaranje ivica 0.5/45°, detalj B			500	0,12		N123G2-0300-0004-TM 4325
							Pomično merilo, mikrometar

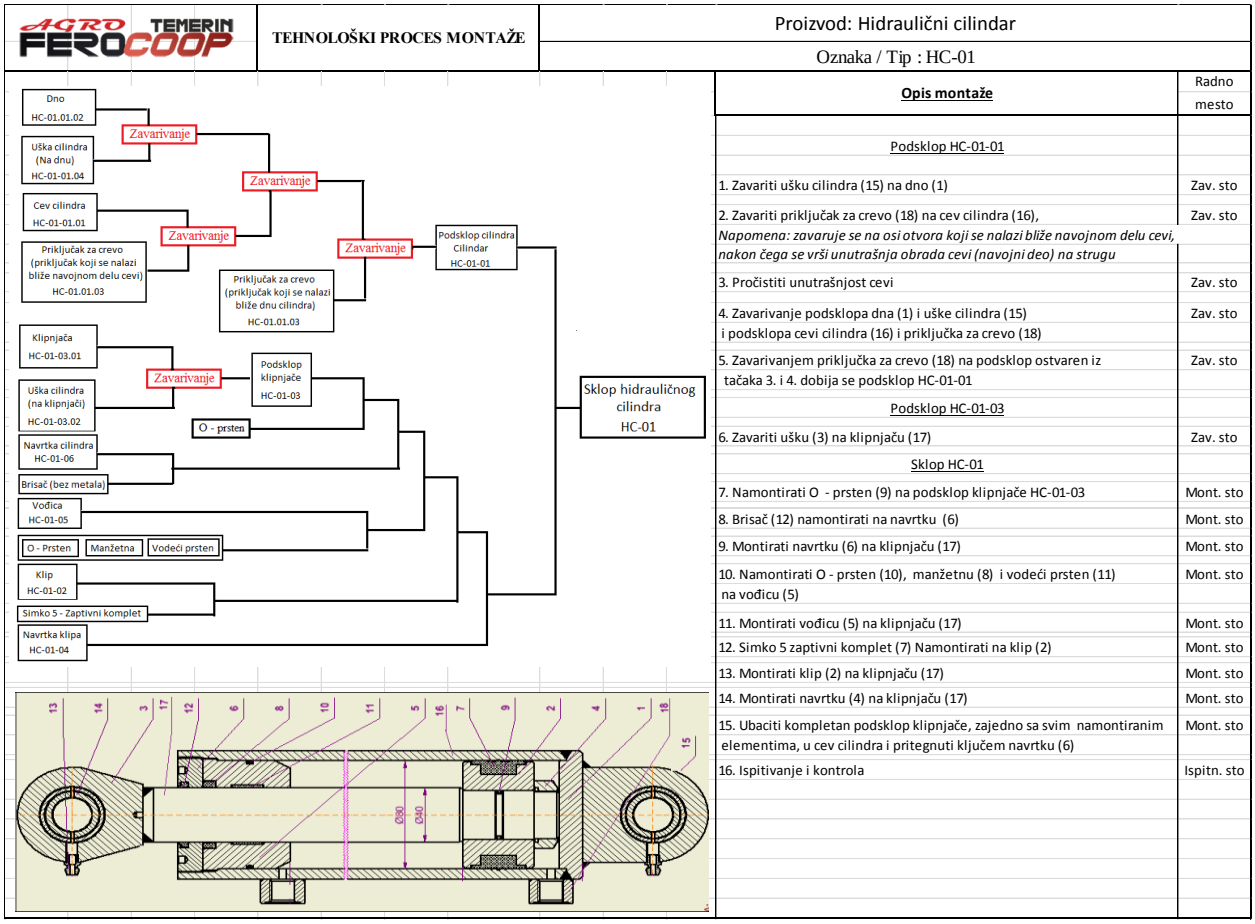


Oznake dimenzija	
HC1dKL1	Ø35
HC1LKL2	80
HC1dKL2	Ø28
HC1LKL3	23
HC1dKL3	Ø24,2
HC1MKL1	M26 x 1,5
HC1LKL4	32
HC1LKL5	3,1
Korak navoja:	1,5

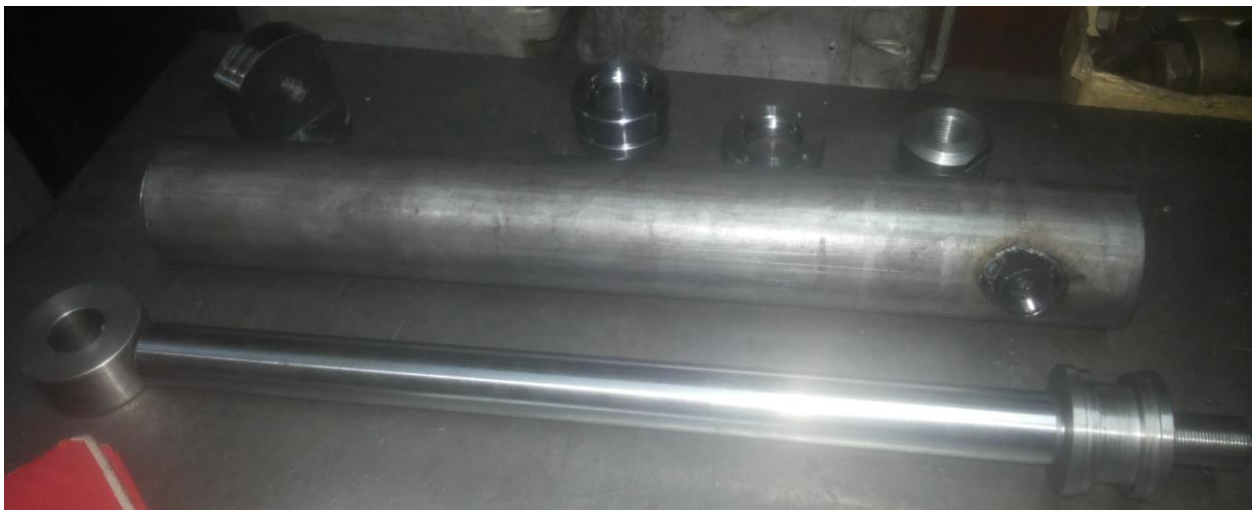
Datum	Izradio	Kontrolisao	Odobrio	Listova	1
10.10.2017	S. Koledin	D. Lukić	D. Lukić	List broj	1

Slika 5.22. *Karta operacije obrade struganja klipnjače hidrauličnog cilindra*

Na slici 5.23 prikazan je generisani tehnološki proces montaže hidrauličnog cilindra sa tokom montaže i opisom zahvata montaže, dok je na slici 5.24 dat prikaz izrađenih komponenti posmatranog hidrauličnog cilindra.



Slika 5.23. *Tehnološki proces montaže hidrauličnog cilindra*



Slika 5.24. *Prikaz izrađenih komponenti projektovanog hidrauličnog cilindra*

5.2 Prikaz verifikacije na primeru tipa hidrauličnog cilindra HC-02

Verifikacija primene programskog rešenja za drugi tip hidrauličnog cilindra prikazan je kroz primer porudžbine koja je prikazana na slici 5.25. U pitanju je porudžbina hidrauličnog cilindra, čiji je naručilac kompanija "*Knott Autoflex*" iz Bečeja, koja je želela ponudu za izradu ovog tipa hidrauličnog cilindra.

On Wednesday, February 22, 2017 12:14 PM, Igor Rodić <igor.rodic@autoflex.rs> wrote:

Poštovani

Trebala bi mi ponuda za izdradu cilindra sa prirubnicom na strani klipnjače po sledećoj specifikaciji:
- unutrašnji prečnik cevi fi100
- prečnik klipnjače fi45
- hod 120 mm

Priprubnica je fi240 debljine 22÷25 mm.
6 ili 8 rupa fi 22 na podeonom prečniku 200 mm.
Prirubnica treba da se pasuje na navoj.

Klipnjača na izlazu ima navoj M42×1.5 izlaz za navoj.
Navoj je dužine 42 mm.
Takođe treba napraviti na klipnjači i otvor za ključ.
U uvučenom stanju klipnjača treba da viri oko 15÷20 mm.

Ukupna dužina cilindra nije ograničena.
Cilindar radi oko 100 ÷ 200 puta na dan.

Ako može uz ponudu pošaljite i crtež.

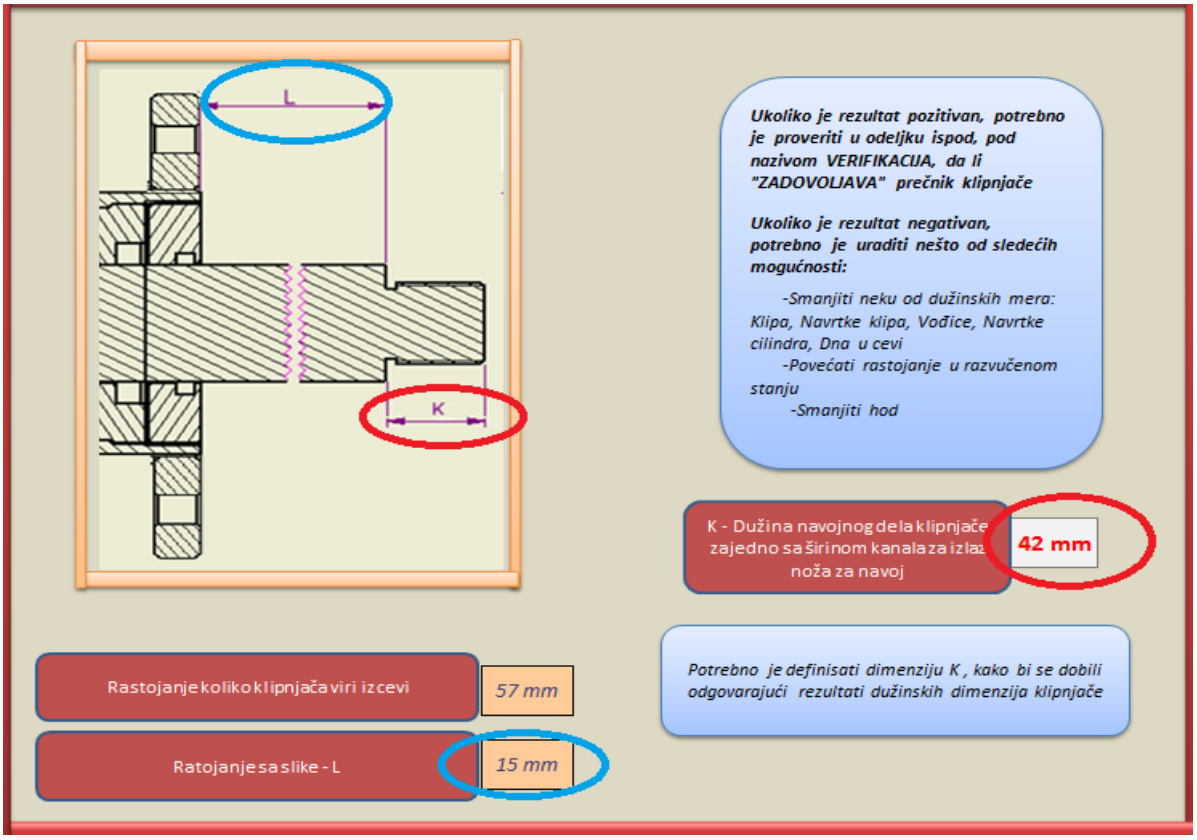
Slika 5.25. *Primer zahteva za izradu hidrauličnog cilindra*

U nastavku će se prikazati samo pojedini koraci verifikacije projektovanja zahtevanog hidrauličnog cilindra. U okviru maske za proračun bilo je potrebno definisati početne podatke: unutrašnji prečnik cevi, prečnik klipnjače i hod cilindra, što je prikazano na slici 5.26. Osim hoda bilo je potrebno definisati i rastojanje u razvučenom stanju. Rastojanje u razvučenom stanju se u ovom koraku definiše prema proceni projektanta, a potom se nakon definisanja unutrašnjih komponenti hidrauličnog cilindra vraća na ovaj prozor i definiše se tačna vrednost rastojanja u razvučenom stanju.

Slika 5.26. *Definisanje ulaznih podataka*

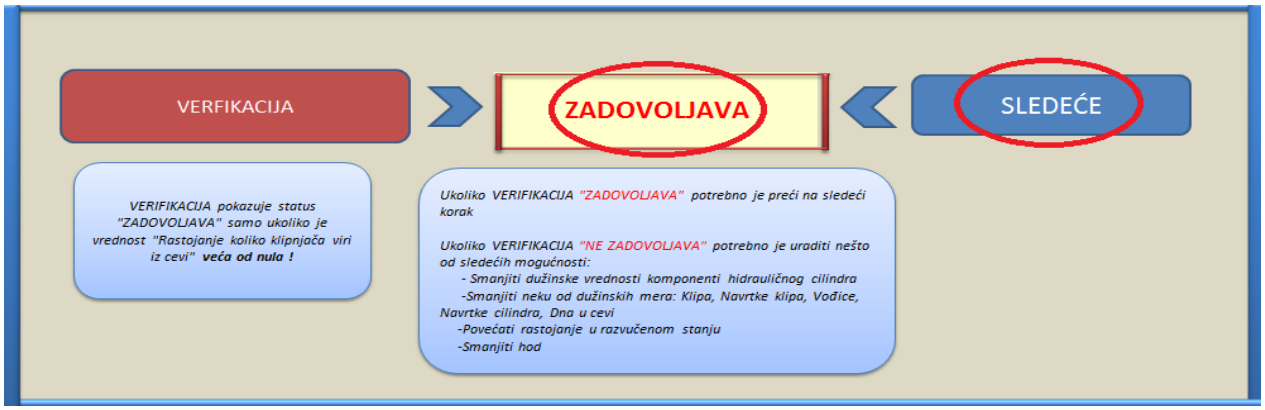
Nakon proračuna hidrauličnog cilindra na izvijanje i izbora tipa hidrauličnog cilindra za projektovanje, usledio je korak definisanja pojedinih dužinskih mera komponenti.

Prema zahtevu da klipnjača na svom kraju poseduje navoj M42x1,5 dužine 42 mm i da klipnjača viri iz cevi 15-20 mm, *(u ovom slučaju definisano je rastojanje od završetka cevi do početka navoja)* potrebno je definisati tražene stavke u segmentu prikazanom kao u primeru na slici 5.27.



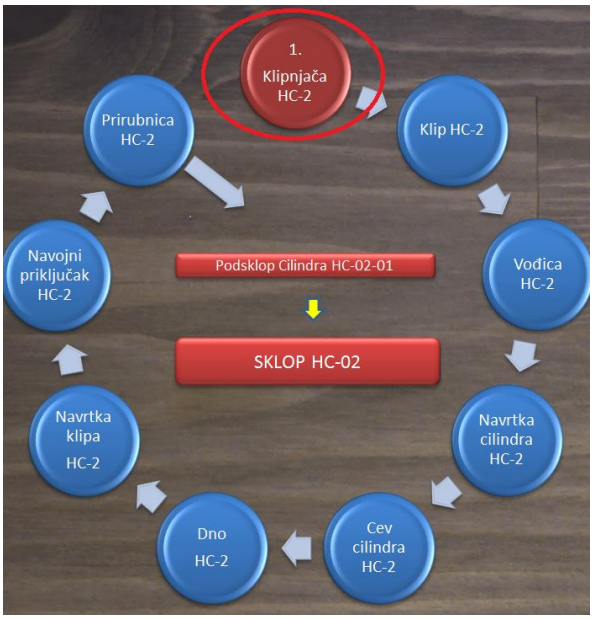
Slika 5.27 *Segment za definisanje dimenzija izlaza klipnjače prema zahtevu kupca*

Verifikacija pokazuje da rezultat zadovoljava, čime je ispunjen uslov da se pređe na sledeću masku programa *HC-02*. Prelazak se vrši selektovanjema testera *"Sledeće"*, prema slici 5.28.



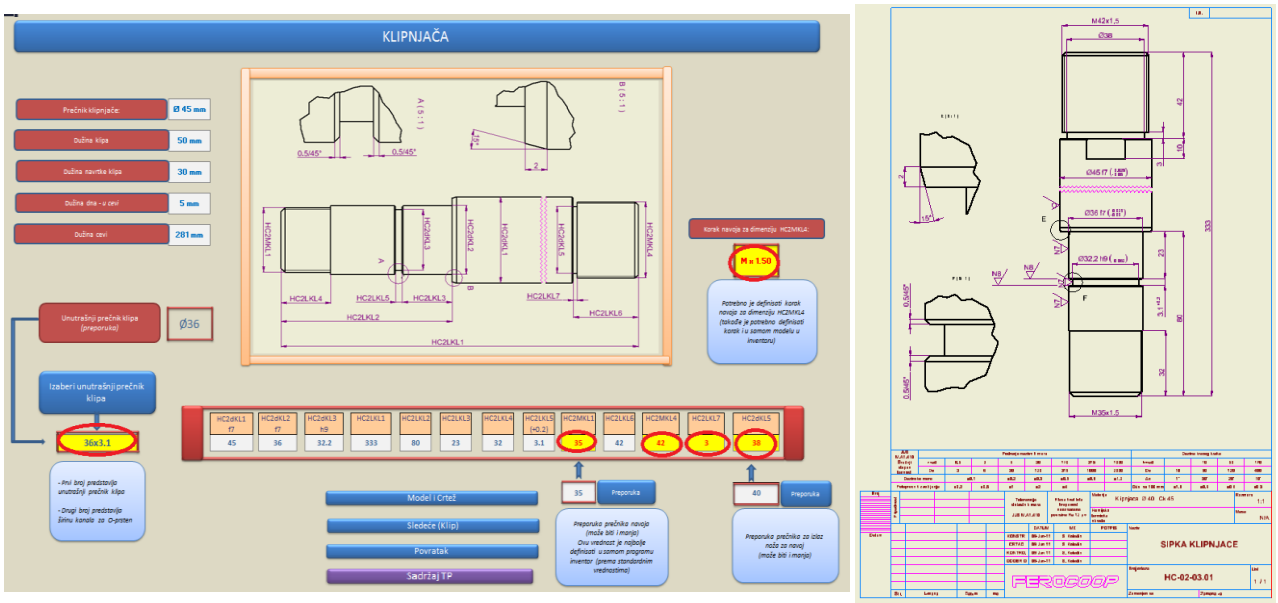
Slika 5.28. *Verifikacija dužinskih vrednosti hidrauličnog cilindra i prelazak na prozor HC-02*

U prozoru HC-02 vrši se izbor redosleda definisanja komponenti hidrauličnog cilindra. Prvi korak je aktiviranje tastera *"Klipnjača HC-2"* kojim se bira definisanje klipnjače hidrauličnog cilindra. Izgled prozora *HC-02* prikazan je na slici 5.29.



Slika 5.29. *Maska programa-prozor HC-02*

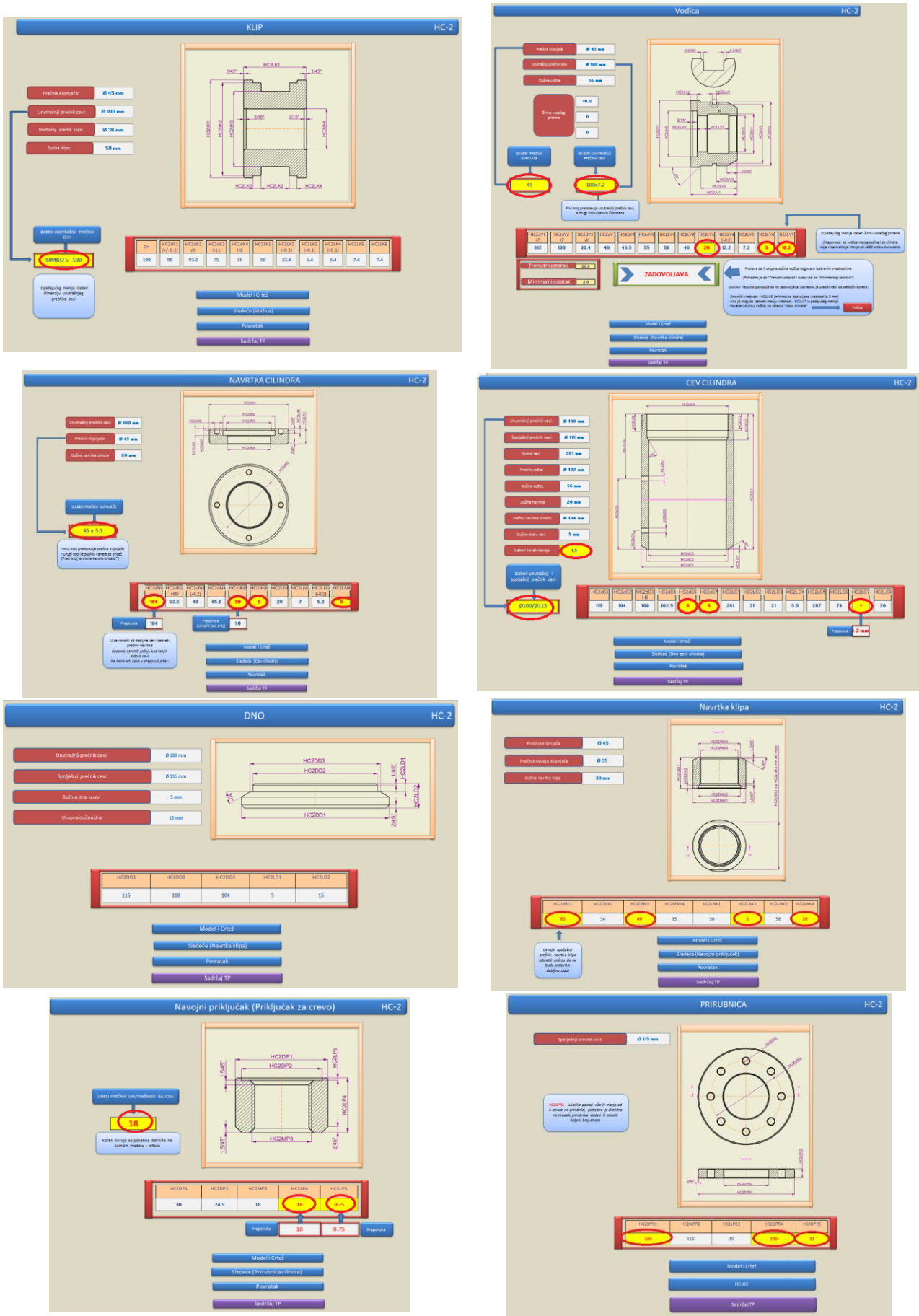
Sledeći korak je definisanje komponenti hidrauličnog cilindra koje je potrebno je vršiti u odgovarajućim prozorima, kao što je to prikazano za slučaj klipnjače, slika 5.30. Nakon definisanja parametara za klipnjaču, generiše se 3D model, a potom i 2D radionički crtež klipnjače u kojem je potrebno srediti pojedine kote koje su se pomerile prilikom osvežavanja modela.



Slika 5.30. *Definisanje dimenzija klipnjače i generisani 2D-radionički crtež*

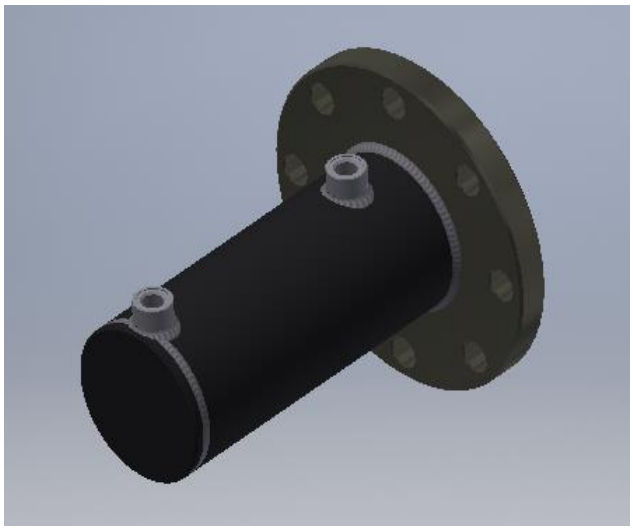
Isti postupak je primenjen za sve ostale komponente hidrauličnog cilindra.U nastavku na slici 5.31 prikazane su maske programskog rešenja u kojima su definisane dimenzione karakteristike svih ostalih komponenti zahtevanog hidrauličnog cilindra, na osnovu kojih su generisani odgovarajući 3D modeli i 2D radionički crteži.

Prilikom definisanja cevi cilindra, potrebno je obratiti pažnju na izbor debljine cevi. Kod ovog tipa hidrauličnog cilindra cev ne sme biti pretanka. Hidraulični cilindar poseduje i navrtku cilindra i prirubnicu na istoj strani, tako da nakon obrade i izrade navoja dolazi do smanjenja debljine zida cevi. U posmatranom slučaju izabrana je cev standardnih prečnika sa debljinom zida 7,5 mm.

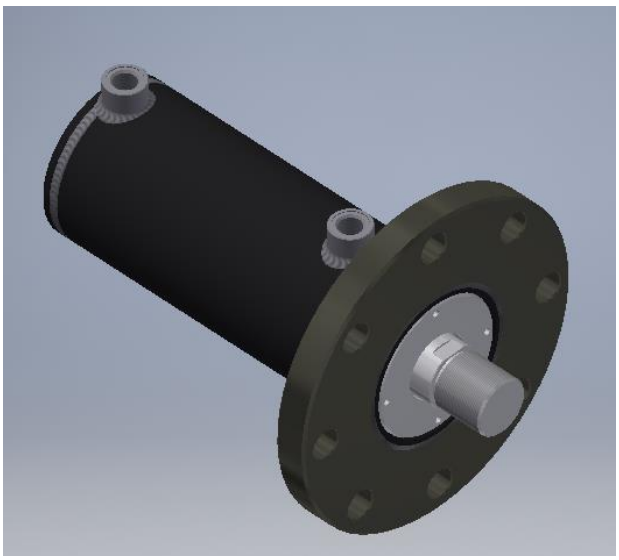


Slika 5.31. *Definisanje dimenzija komponenti zahtevanog hidrauličnog cilindra*

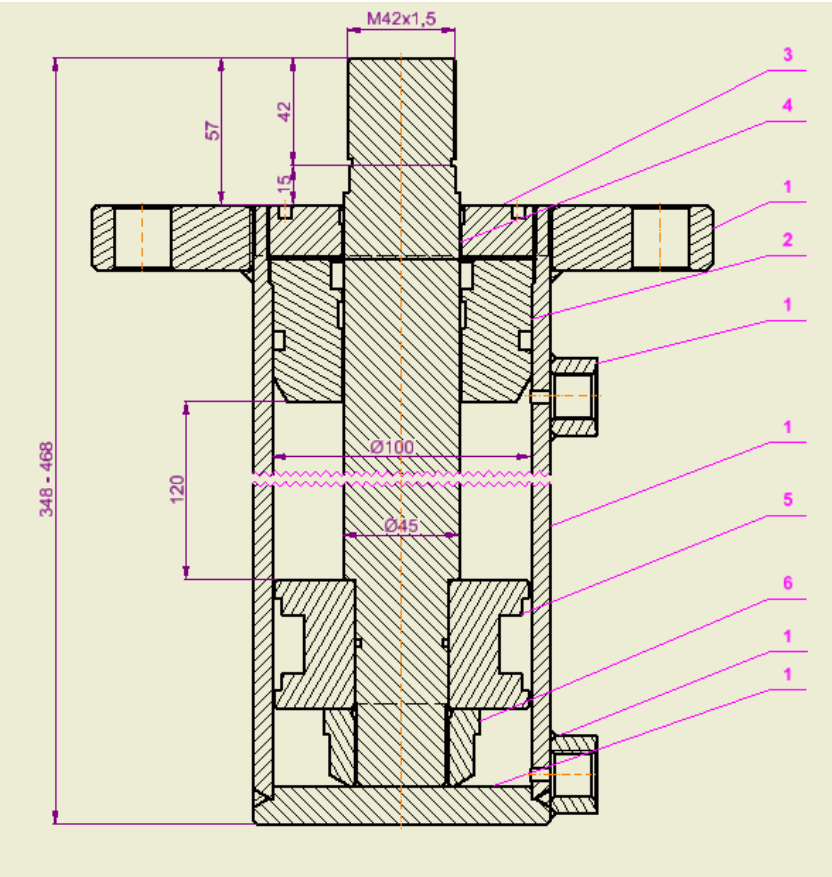
Nakon definisanja 3D modela i generisanja 2D radioničkih crteža komponenti, bilo je potrebno sačuvati napravljene izmene, vratiti se na prozor HC-02 i otvoriti generisane modele podsklopova i sklopa cilindra. Na slikam 5.32 i 5.33 prikazani su 3D modeli podsklopa cilindra i sklopa gotovog proizvoda, dok je na slici 5.34 dat prikaz crteža projektovanog hidrauličnog cilindra.



Slika 5.32. *3D model podsklopa cilindra*



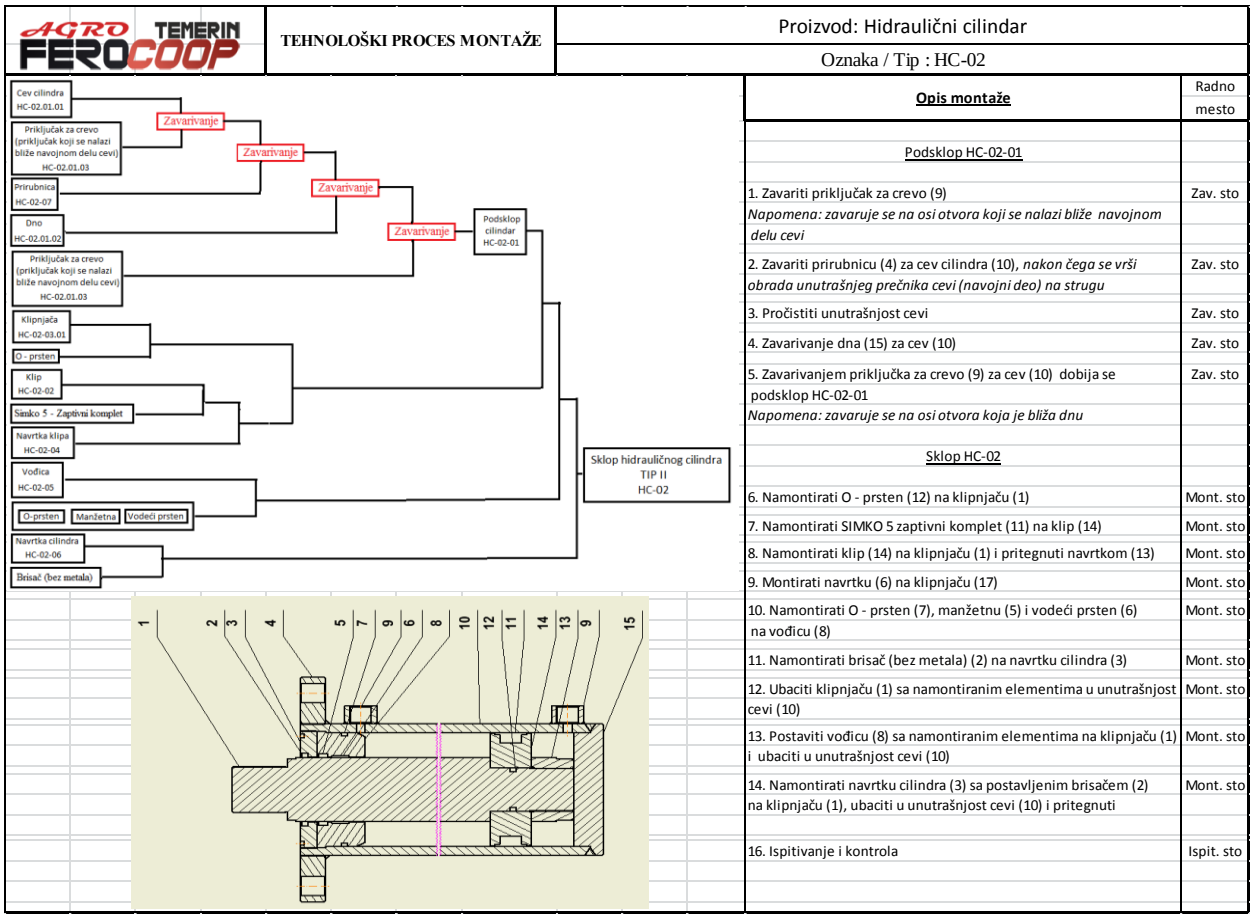
Slika 5.33. *3D model sklopa hidrauličnog cilindra*



Slika 5.34. *2D tehnički crtež sklopa hidrauličnog cilindra*

Na slici 5.35 prikazan je izvod iz simulacije procesa montaže hidrauličnog cilindra, dok je na slici 5.36 dat tehnološki proces njegove montaže sa tokom i opisom montaže.

Slika 5.35. *Izvod iz simulacije montažnog procesa hidrauličnog cilindra*



Slika 5.36. *Tehnološki proces montaže hidrauličnog cilindra*

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U cilju racionalizacije i unapređenja tehničke pripreme proizvodnje hidrauličnih cilindara, postavljen je model i razvijeno programsko rešenje za automatizovano projektovanje hidrauličnih cilindara.

Razvijeno programsko rešenje je namenjeno za brže i efikasnije projektovanje hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove izrade i montaže. Tehničko rešenje omogućava:

- *Automatizovan proračun, CAD modeliranje i generisanje tehničke dokumentacije hidrauličnih cilindara (3D modela i 2D crteža komponenti, podsklopova i gotovog proizvoda-sklopa hidrauličnog cilindra)*
- *Automatizovano generisanje tehnološke dokumentacije za izradu i montažu hidrauličnih cilindara (sadržaja tehnoloških procesa izrade, karti operacija izrade komponenti i tehnološkog procesa montaže podsklopova i gotovog proizvoda).*

U realizaciji tehničkog rešenja, odnosno programskog sistema primenjeni su programski sistemi opšte namene koji zadovoljavaju sve potrebne uslove za primenu u uslovima posmatranog proizvodnog sistema. Programsko rešenje funkcioniše na principu izbora, odnosno unosa zahtevanih karakteristika hidrauličnog cilindra.

Program je razvijen u Excel-u i povezan je sa CAx programskim sistemom Inventor, koji očitava podatke iz Excela i generiše gotove 3D modele i 2D crteže komponenti, podsklopova i kompletnog hidrauličnog cilindra, kao i odgovarajuće karte tehnoloških procesa proizvodnje. Kao rezultat na izlazu se dobija tehničko-tehnološka dokumentacija svih komponenti hidrauličnog cilindra sa podacima potrebnim za proizvodnju. Neke od karakteristika programskog rešenja su:

- *Univerzalnost i fleksibilnost primene programskog rešenja – za projektovanje i proizvodnju hidrauličnih cilindara prema specifičnim zahtevima kupaca, za projektovanje i izradu komponenti pri reparaciji hidrocilindara, kao i za tehničku pripremu proizvodnje hidrauličnih cilindara za ugradnju u sopstvene proizvode,*
- *Jednostavno korišćenje – program mogu koristiti inženjeri projektanti koji nemaju veliko iskustvo u projektovanju hidrocilindara, odnosno može poslužiti za njihovu obuku, kao i iskusni inženjeri za višestruko ubrzanje njihovih aktivnosti projektovanja,*
- *Sve neophodne informacije za projektovanje (konstrukcije i tehnoloških procesa) se nalaze na jednom mestu (katalozi dimenzija zaptivnih komponenata, standardne dimenzije cevi, šipki i dr.) što olakšava proračun i proces projektovanja,*
- *Neuporedivo brže (5-10 puta) se dobijaju gotovi 3D modeli i 2D crteži, odnosno tehnološki procesi izrade i montaže koji su spremni da se odmah proslede u proizvodnju,*
- *Parametarsko modeliranje omogućuje primenu principa standardizacije i grupne/tipske tehnologije omogućujući povezivanje konstrukcije proizvoda i tehnologije proizvodnje,*
- *U kratkom roku naručilac može dobiti informacije o neophodnim komponentama (3D modeli i 2D crteži), vremenu izrade i ceni kompletnog hidrauličnog cilindra,*
- *Mogućnost brzog i efikasnog generisanja 3D modela i 2D crteža zasebnih komponenti i tehnoloških procesa njihove izrade i montaže podsklopa/sklopa za slučaj reparacije hidrauličnih cilindara,*
- *Programsko rešenje se može povezati i funkcionisati jednako dobro sa bilo kojim drugim CAx programskim sistemom, i dr.*

Pravci daljeg razvoja i istraživanja se odnose na proširenje proizvodnog programa u smislu asortimana drugih vrsta i tipova hidrauličnih cilindara i proširenja programskog rešenja na njih, što bi povećalo konkurentnost preduzeća i dovelo do povećanja obima proizvodnje. Isto tako u budućnosti se očekuje nabavka licenciranog CAM softvera i odgovarajućih postprocesora koji predstavljaju neophodan resurs za unapređenje projektovanja tehnoloških procesa izrade u smilu automatizacije generisanja upravljačkih programa za obradu na CNC mašinama.

7. LITERATURA

[1] Chryssolouris, G.: *Manufacturing Systems: Theory and Practice*, Springer Science and Business Media, Inc., New York, 2006, ISSN 978-0387-25683-2.

[2] Swift, K.G., Booker, J.D.: *Process Selection: From Design to Manufacture*, Second edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2003, ISBN 0-7506-5437-6.

[3] Lukić, D., Milošević, M., Todić, V.: *Integrisani CAPP sistemi i tehnološka baza podataka* (skripta sa predavanja), Fakultet tehničkih nauka, 2013.

[4] Đapić, M.: *Evidencioni sistemi u razvoju proizvoda i procesa*, Monografija br.9 iz serije Inteligentni tehnološki sistemi, Lola Institut, Beograd, 2005, ISBN 978-86-906973-0-6.

[5] Fagerstrom, J., Moestam-Ahlstrom, L.: *Demands on Methods for Development Work Focused on Concurrent Engineering*, Proceedings of International Conference on Production Research, Prague, 2001, ISBN 80-02-01438-3.

[6] Da Silveira, G.J.C., Boerenstein, D., Fogliatto, F.S.: *Mass customization: literature review and research directions*, International Journal of Production Economics, Vol. 72, No. 1, pp. 1–13, 2001.

[7] Todić, V., Zeljković, M., Tepić, J., Milošević, M., Lukić, D.: *Techno-Economic Method for Evaluation and Selection of Flexible Manufacturing Systems*, Metalurgija, 2012, Vol. 51, No. 3, pp. 349-353, ISSN 0543-5846

[8] Todić, V.: *Projektovanje tehnoloških procesa*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.

[9] Scallan, P.: *Process planning: The Design/Manufacture Interface*, MA: Butterworth-Hienemann, Boston, 2003, ISBN 0-7506-5129-6.

[10] Kuric, I., Matuszek, J., Debnar, R.: *Computer Aided Process Planning in Machinery Industry*, Politechnika Lodzka, Bielsko-Biata, 1999, ISBN 83-87087-00-9.

[11] Lukić, D.: *Razvoj opšteg modela tehnološke pripreme proizvodnje*, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.

[12] Lukić, D., Milošević, M., Antić, A., Borojević, S., Ficko, M.: *Multi-criteria selection of manufacturing processes in the conceptual process planning*, Advances in Production Engineering and Management, Vol. 12, No. 2, pp. 151-162, 2017. ISSN: 0268-3768.

[13] Birkofer, H.: *The Future of Design Methodology*, Springer-Verlag, London, 2011, ISBN 978-0-85729-614-6.

[14] Todić, V., Penezić, N., Lukić, D., Milošević, M.: *Tehnološka logistika i preduzetništvo*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011, ISBN 978-86-7892-368-5

[15] Petrović, B.: *Razvoj proizvoda*, Monografija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1997.

[16] Todić, V., Stanić, J.: *Osnove optimizacije tehnoloških procesa izrade i konstrukcije proizvoda*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002, ISBN 86-80249-52-1.

[17] Lukić, D., Todić, V., Milošević, M.: *Model of modern technological production preparation*, Journal Proceedings in Manufacturing Systems, 2010, Vol. 5, No. 1, pp. 15-22, ISSN 2067-9238.

[18] Ham, I., Lu, S.C.-Y.: *Computer-Aided Process Planning: The Present and the Future*, Annals of CIRP, 1988, Vol. 37, No. 2, pp. 591-601, ISSN 0007-8506.

[19] Chang, T-C., Wysk, R.A., Wang, H-P.: *Computer-aided Manufacturing*, 3rd Edition, Prentice-Hall, New York, 2005, ISBN 0131429191.

[20] Grieves, M.: *Product Lifecycle Management, Driving Next Generation of the Lean Thinking*, McGraw-Hill, New York, 2005, pp.32-44, ISBN 0071452303.

[21] Chang, T-C.,Wysk, R.A., Wang, H-P.: *Computer-aided manufacturing*, 2nd edition, New York, Prentice Hall Inc.,1998.

[22] Denkena, B., Shpitalni, M., Kowalski, P., Moleho, G., Zipori, Y.: *Knowledge Management in Process Planning*, Annals of the CIRP Vol 56, No.1, 2007.

[23] ElMaraghy A.H.: *Evolution and Feature Perspectives of CAPP*, Annals of CIRP, Vol. 42/2, 1993.

[24] Chu, X.N., Tso, S.K., Tu, Y.L.: *A Novel methodology for Computer-Aides Process Planning*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.16., No.10, Springer-Verlag London Limited, 2002.

[25] Depince, P., Amara, H., Hascoet , J.Y.: *May Human Intervention Improve the CAPP System Abilities?*, International Journal of Production Engineering and Computers, Vol.4. No.4., 2002.

[26] Eversheim, W., Michalas, N.: *Integration of proces Planning and Production Scheduling*: Benefits and Difficulties, CIRP Working Group, Paris, 2001.
[27] Rehg, J.A., Kraebber, H.W.: *Computer-Integrated Manufacturing*, 2nd edition, Prentice-Hall, New Jersey, 2001, ISBN 0-13-087553-8.
[28] Milošević, M.: *Kolaborativni sistem za projektovanje tehnoloških procesa izrade proizvoda baziran na internet tehnologijama*, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
[29] Lužanin, O.: *Prilog integraciji CAD sistema u eksperimentalni sistem za simultano projektovanje na bazi STEP modela proizvoda*, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
[30] Eversheim, W., Schneewind, J.: C*omputer-Aided Process Planning – State of the Art and Feature Development*, Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol.10, No ½**,** p.65-70, 1993.
[31] Liu, D., Sacco, M., Boer, C.R.: *Distributed CAD/CAPP/CAM integration based on STEP-PDM schema and CORBA-compliant PDM enablers*, 2001 International Conference on eCommerce Engineering, China, 2001.
[32] Babić, B.: *Projektovanje tehnoloških procesa*, Mašinski fakultet, Beograd, 1999, ISBN 86-7083-356-5.
[33] Lukić, D.: *Razvoj sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike*, Magistarska teza. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.
[34] Algeo, M.E., Feng, S.C., Ray, S.R.: *A state-of-the Art Survey on Product Design and Process Planning Integration Mechanism*, NIST Interagency Report 5548, National Institute of Standards and Technology, 1994.
[35] Evbuomwan, N.F.O., Sivaloganathan, S., Jebb, A.: *Concurrent Materials and Manufacturing Process Selection in Design Function Deployment*, Concurrent Engineering: Research and Applications, 1995, Vol. 3, No. 2, pp. 135-143, ISSN 1063-293X.
[36] Marri, H.B., Gunasekaran, A., Grieve, R.J.: *Computer-Aided Process Planning: A State of the Art*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1998, Vol. 14, No. 4, pp. 261–268. ISSN 0268-3768.
[37] Teti, R., Kumara, S.R.T.: *Intelligent Computing Methods for Manufacturing Systems*, Annals of CIRP, 1997, Vol. 46, No. 2, ISSN 0007-8506.
[38] Xu, X., Wang, L., Newman, S.T.: *Computer-Aided Process Planning - A Critical Review of Recent Developments and Future Trends*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Taylor & Francis, 2011, Vol. 24, No. 1-3, pp. 1-31, ISSN 0951-192X.
[39] Xu, X.W., He, Q.: *Striving for Total Integration CAD, CAPP, CAM and CNC*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2004, Vol. 20, No. 2, pp. 101-109, ISSN 0736-5845.
[40] Xu, X.: *Integrating Advanced Computer-Aided Design, Manufacturing, and Numerical Control - Principles ans Implementation*, Information Science Reference, New York, 2009, ISBN 978-1-59904-714-0.
[41] Milošević, M., Lukić, D., Antić, A., Lalić, B., Ficko, M., Šimunović, G.: e-CAPP: *A distributed collaborative system for intenet-based process planning*, Jounal of Manufacturing Systems, Vol. 42, pp. 210-223, 2017, ISSN 0278-6125.
[42] Jocanović, M.: *Automatizacija procesa rada – osnove hidrauličnog upravljanja*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
[43] http://www.mgrohr.si/proizvodi/hidravlicne-cevi.html
[44] http://www.weiku.com/products/10291773/hydraulic_piston_rod.html
[45] http://www.baileyhydraulics.com/hydraulic-cylinders
[46] http://lehighfluidpower.com/hydraulic-cylinders
[47] http://www.eagle-hydraulic.com/standard_cylinders.html
[48] https://www.mapro.rs/proizvodno-prodajni-program/hidraulicni-cilindri/hidraulicni-cilindar-dvosmernog-dejstva/iso-6020-1
[49] Mandić, J.: *Otpornost materijala*, Naučna knjiga, Beograd, 1987.

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ МЕНАЏМЕНТА СЕРТИФИКОВАН ОД:

Наш број:
Ваш број:
Датум: 2017-12-05

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 47. редовној седници одржаној дана 29.11.2017. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 12.3.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената

Тачка 12.3.10.: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

1. Др Богдан Недић, ред. проф, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу
2. Др Дарко Кнежевић, ванр. проф, Машински факултет у Бања Луци

Назив техничког решења:

"ПРОГРАМСКО РЕШЕЊЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ТЕХНИЧКЕ ПРИПРЕМЕ ПРОИЗВОДЊЕ ХИДРАУЛИЧНИХ ЦИЛИНДАРА"

Аутори техничког решења: Дејан Лукић, Митар Јоцановић, Мијодраг Милошевић, Велибор Карановић, Јован Вукман, Стевица Коледин.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан

Проф. др Раде Дорословачки

На основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, од 29.11.2017. године, именован сам за рецензента предложеног техничког решења под називом „Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара“. Аутори техничког решења су др Дејан Лукић, др Митар Јоцановић, др Мијодраг Милошевић, др Велибор Карановић, МСц Јован Вукман и МСц Стевица Коледин.

РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара

Техничко решење „Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара“ аутора др Дејана Лукића, др Митра Јоцановића, др Мијодрага Милошевића, др Велибора Карановића, МСц Јована Вукмана и МСц Стевице Коледина је реализовано 2017. године.

Приложени елаборат техничког решења се састоји од 34 стране, са 46 слика и једном табелом. На почетку елабората су дати основни подаци о техничком решењу: аутори решења, назив техничког решења, кључне речи, наручиоц и корисник техничког решења, година када је техничко решење урађено и почело да се примењује, област на коју се техничко решење односи, проблем који се техничким решењем решава, предложени рецензенти техничког решења, установа која је предложила техничко решење, као и пројекат у оквиру кога је реализовано техничко решење.

Поднети елаборат се састоји од седам поглавља, која су укратко описана у наставку:

1. Област примене техничког решења

   У оквиру овог поглавља аутори су указали на потребу за савременим производним системима са ефектима аутоматизоване великосеријске и масовне производње у погледу производности и економичности и ефектима флексибилности и мобилности којима се одликује појединачна и малосеријска производња. Област примене предложеног техничког решења припада области машинског инжењерства, односно дисциплини техничке припреме производње.

2. Предмет и циљ предложеног техничког решења

   У овом поглављу документације техничког решења аутори прво дају објашњења пословних стратегија у претходним периодима а затим дефинишу техничку припрему производње са две најважније функције, а то су конструкциона и технолошка припрема. Описан је иницијални проблем за реализацију посматраног техничког решења, који се превасходно односи на време и квалитет пројектовања и израде техничко-технолошке документације за производњу хидрауличних цилиндара у посматраном предузећу. На основу овог дефинисан је циљ истраживања који се односи на унапређење техничке припреме производње.

3. Стање и тренд развоја у области техничке припреме производње

   У првом делу овог поглавља приказано је место и улога техничке припреме производње у оквиру производног система. У другом делу поглавља укратко је

приказано стање у области техничке припреме производње, односно конструкционе и технолошке припреме и основни правци њиховог развоја.

4. Опис техничког решења – развој и примена програмског решења

   У првом делу овог поглавља дате су основе конструкције и прорачуна хидрауличних цилиндара који се користи при пројектовању посматраних типова. Након тога дат је модел програмског решења за аутоматизовано пројектовање хидрауличних система. Програмско решење је развијено у *Excel-u* и повезано са *CAx* програмским системом Инвертор у оквиру кога су формирани параметарски модели и цртежи склопова, подсклопова и компоненти хидрауличних цилиндара који се производе у посматраном предузећу. На крају поглавља дат је опис примене програмског решења са описом излазних параметара за потребна димензионисања свих компоненти и склопова хидроцилиндара, односно за генерисање конструктивне и технолошке документације.

5. Приказ резултат примене програмског решења

   Аутори су у оквиру овог поглавља приказали резултате примене програмског решења на конкретним примерима хидрауличних цилиндара (први тип HC-01 и други тип HC-02). У оквиру ових примера приказане су детаљно све активности и ток прорачуна и пројектовања хидрауличних цилиндара, односно припадајућих компоненти. Као излаз из овог дела програмског решења су генерисани 2Д технички цртежи свих компоненти хидрауличних цилиндара. Следећи корак у примени програмског решења је пројектовање технолошких процеса израде компоненти и технолошких процеса монтаже склопа хидрауличног цилиндра. Као излазни резултат приказано је генерисање одговарајуће техничко-технолошка документације за производњу захтеваних хидрауличних цилиндара: списак операција, карта операција са свим информацијама и документација технолошког процеса монтаже. Реализацијом примера примене извршена је верификација програмског решења

6. Закључна разматрања

   У оквиру овог поглавља аутори су дали закључна разматрања у вези могућности програмског решења, основне карактеристике његове примене, као и правце могућих унапређења.

7. Литература

Техничко решење припада пољу техничко-технолошких наука из области машинског инжењерства. Ужа научна дисциплина се односи на област техничке припреме производње.

Наручилац и корисник техничког решења је предузеће „AGROFEROCOOP” DOO из Темерина, Република Србија.

Аутори техничког решења су врло јасно приказали и обрадили комплетну структуру техничког решења. Развијено програмског решење је лако за примену, има висок ниво универзалности и флексибилности примене. Предност техничког решења се пре свега огледа у могућностима које се пружају пројектантима у циљу повећања њихове продуктивности рада, а тиме и повећању производности и економичности производње хидрауличних цилиндара у посматраном производном систему.

Техничко решење поред стручног, пружа и оригиналан теоријски и научно-истраживачки допринос.

МИШЉЕЊЕ И ЗАКЉУЧАК РЕЦЕНЗЕНТА

На основу прегледа документације, предлажем да се поднето техничко решење "Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара" прихвати као ново техничко решење и у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС", бр. 24/2016 и 21/2017) класификује као резултат: **„М85 - Ново техничко решење у фази реализације".**

Крагујевац, 15.01.2018. год.

др Богдан Недић, редовни професор

Факултет инжењерских наука
Универзитет у Крагујевцу,

Одлуком Наставно-научног већа Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, од 29.11.2017. године, именован сам за рецензента предложеног техничког решења под називом „Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара“ чији су аутори др Дејан Лукић, др Митар Јоцановић, др Мијодраг Милошевић, др Велибор Карановић, МСц Јован Вукман и МСц Стевица Коледин.
На основу прегледа Елабората овог техничког решења подносим рецензију техничког решења, која је дата у наставку.

РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара

Предложено техничко решење „Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара“ аутора др Дејана Лукића, др Митра Јоцановића, др Мијодрага Милошевића, др Велибора Карановића, МСц Јована Вукмана и МСц Стевице Коледина реализовано 2017. године приказано је у неколико поглавља:

1. Област примене техничког решења
2. Предмет и циљ предложеног техничког решења
3. Стање и тренд развоја у области техничке припреме производње
4. Опис техничког решења – развој и примена програмског решења
5. Приказ резултат примене програмског решења
6. Закључна разматрања
7. Литература

Аутори техничког решења су урадили текстуалну документацију, односно елаборат на 34 стране, укључујући приказ алгоритма програмског решења и техничко-технолошке документације у виду одговарајућих слика и табела.

Техничко решење припада пољу техничко-технолошких наука и области машинског инжењерства.

Наручилац и корисник техничког решења је предузеће „AgroFerocoop” DOO из Темерина, Република Србија.

МИШЉЕЊЕ И ЗАКЉУЧАК РЕЦЕНЗЕНТА

Анализом приложеног текста техничког решења под називом „Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара " аутора др Дејана Лукића, др Митра Јоцановића, др Мијодрага Милошевића, др Велибора Карановића, МСц Јована Вукмана и МСц Стевице Коледина могу се констатовати следеће чињенице:

- На почетку елабората су дати основни подаци о техничком решењу: аутори решења, назив техничког решења, кључне речи, наручиоц и корисник техничког решења, година када је техничко решење урађено и почело да се примењује, област на коју се техничко решење односи, проблем који се техничким решењем решава, предложени рецензенти техничког решења, установа која је предложила техничко решење, као и пројекат у оквиру кога је реализовано техничко решење.
- Елаборат техничког решења садржи: област примене техничког решења, предмет и циљ који се техничким решењем решава, стање у области техничке припреме производње и правце развоја, објашњење суштине техничког решења, детаљан опис са карактеристикама, начин реализације и примене техничког решења кроз конкретне примере, као и закључна разматрања и коришћену литературу.
- Аутори техничког решења су јасно приказали комплетну структуру техничког решења. Приказано програмског решење има висок ниво универзалности и флексибилности примене у унапређењу техничке припреме производње хидрауличних цилиндара. Предност техничког решења огледа у повећању продуктивности рада инжењера пројектаната, као и производности и економичности производње хидрауличних цилиндара у посматраном предузећу.
- Техничко решење поред стручног, пружа и теоријски и научно-истраживачки допринос.

На основу претходно изведених чињеница, предлажем да се поднето техничко решење "Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара " прихвати као ново техничко решење и у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС", бр. 24/2016 и 21/2017) класификује као резултат **„М85 - Ново техничко решење у фази реализације".**

Бања Лука, 12.01.2018. год.

др Дарко Кнежевић, ванредни професор
Универзитет у Бањој Луци
Машински факултет

AGRO TEMERIN FEROCOOP
NOVOSADSKA 333 Tel./Fax: 021-843-932

AGROFEROCOOP DOO
Новосадска 333
21235 Темерин
+381 (0) 21 843 932

Предмет: **ПРОТОКОЛ О ТЕСТИРАЊУ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА**

под називом

„ПРОГРАМСКО РЕШЕЊЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ТЕХНИЧКЕ ПРИПРЕМЕ ПРОИЗВОДЊЕ ХИДРАУЛИЧНИХ ЦИЛИНДАРА“

На основу тестирања техничког решења „Програмско решење за унапређење техничке припреме производње хидрауличних цилиндара“ чији су аутори др Дејан Лукић, др Митар Јоцановић, др Мијодраг Милошевић, др Велибор Карановић, МСц Јован Вукман и МСц Стевица Коледин, потврђујемо да исто задовољава потребне карактеристике примене и да се успешно користи у техничкој припреми производње хидрауличних цилиндара у предузећу „AGROFEROCOOP“ doo из Темерина.

Темерин, 27.12.2017. год.

Корисник резултата:
„AGROFEROCOOP“ doo, Темерин
Горан Бошковић, директор предузећа

AGROFEROCOOP DOO ZA PROIZVODNJU I TRGOVINU Temerin NOVOSADSKA 333

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ МЕНАЏМЕНТА СЕРТИФИКОВАН ОД:

Наш број: 01.сл
Ваш број:
Датум: 2018-02-01

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 51. редовној седници одржаној дана 31.01.2018. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 20.2. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената

Тачка 20.2.2.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

„ПРОГРАМСКО РЕШЕЊЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ТЕХНИЧКЕ ПРИПРЕМЕ ПРОИЗВОДЊЕ ХИДРАУЛИЧНИХ ЦИЛИНДАРА“

Аутори техничког решења: Дејан Лукић, Митар Јоцановић, Мијодраг Милошевић, Велибор Карановић, Јован Вукман, Стевица Коледин.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан

Проф. др Раде Дорословачки